

وزارة المعارف العمومية
مراقبة الشؤون الثقافية العامة
إدارة الترجمة

الكون الغامض

القسم

سير جيمس جينز

SIR JAMES JEANS

A., D SC., SO.D., LL.D., F.R.S.

مراجعة

دكتور علي مصطفى مشرف بك

عميد كلية العلوم

ترجمة

عبد الحميد محمد مرسى

مكتب إدارة الترجمة

الطبعة الثانية

التاسعة

طبع بالطبعة الأميرية ببولاق

١٩٤٢

حقوق الطبع للنص العربي محفوظة

(بيادق من مطبعة جامعة كمبريدج)

لوزارة المعارف العمومية المصرية

محتويات الكتاب

صفحة	
ز	مقدمة المترجم
ك	تقدمة بقلم المؤلف
١	الفصل الأول : الشمس المحتضرة
١٥	» الثاني : العالم الجديد لعلم الطبيعة الحديث
٥٣	» الثالث : المادة والاشعاع
٩٠	» الرابع : النسبية والأثير
١٢٨	» الخامس : في الأعماق السحيقة
١٧٣	دليل الموضوعات
١٧٩	» أسماء الأعلام
	فأئمتنا المصطلحات العلمية :
١٨٢	عربية — انجليزية
١٨٩	انجليزية — عربية
	الملوحات الفتوغرافية :
ج	١ — أعماق الفضاء
٤٩٤، ٤٧٠	٢ — حيود الضوء والكهارب

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة المترجم

ولد السير جيمس جيتز بلندن في عام ١٨٧٧ ، وتخرج في جامعة كبرديج بكلية ترنتي Trinity College ، ومنح زمالة هذه الكلية في عام ١٩٠١ ، ثم عين مدرسا بجامعة كبرديج فأستاذًا بجامعة برنستون Princeton University بأمريكا في عام ١٩٠٥ ، فهو إذن أستاذ وعالم بحكم عمله ونشأته . وهو فوق ذلك قريحة من خيرة القرائح في عصرنا الحالى ، أغنى العلم بما أضافه إليه في ديناميكة الغازات وفي النظرية الرياضية للكهرباء والمغناطيسية ، وفي تطور النجوم وطبائعها . وقد كان الأستاذ جيتز رئيسا للجمعية الفلكية الملكية (١٩٢٥ - ١٩٢٧) وسكرتيرا للجمعية الملكية بلندن (١٩١٩ - ١٩٢٩) ومنح جوائز وأنواط متعددة كما منحته الدولة لقب سير اعترافا بعلمه وفضله .

فإذا كتب الأستاذ جيتز في العلوم الطبيعية والرياضية ، أو تحدث عن علم الفلك ، فهو يكتب ويتحدث بوصفه عالما مطلعًا وقف على ما وصلت إليه هذه العلوم ، واشترك في تقدمها ، إلا أنه لا يكفى أن يكون الإنسان عالما مبرزًا لكي يستطيع أن يبسط العلم للناس ، ذلك بأن تبسيط العلوم

يحتاج إلى مواهب خاصة لا تتوافر عادة عند معظم العلماء المبرزين ، ولعل السير جيمس جينز أكثر العلماء الانجليز نجاحا وتوفيقا في التأليف العلمي المبسط ، فإن كتبه التي ألفها في تبسيط العلوم قد انتشرت انتشارا عظيما بين قراء اللغة الانجليزية في أنحاء العالم كما ترجمت إلى أكثر اللغات الحية .

ومن هذه المؤلفات كتاب "الكون الغامض" (The Mysterious Universe) الذي أقدم الآن ترجمته العربية إلى القراء ، وقد طبع هذا الكتاب لأول مرة في عام ١٩٣٠ . وما جاء عام ١٩٤٠ حتى كان قد أعيد طبعه للمرة الثامنة عشرة ، وقد نقح المؤلف الكتاب وعدل فيه ، فحذف منه وأضاف إليه ، وغير من عباراته ، ليجمعاه متفقا مع ما كشف عنه العلم الحديث من آراء جديدة ، وليجعل موضوعاته أكثر وضوحا وأقرب إلى عقل القارئ . ويتألف الكتاب من خمسة فصول : في الشمس وما يتصل بها من حياة أو موت ، وفي الكون على ضوء علم الطبيعة الحديث ، وفي المادة والإشعاع ، وفي الجاذبية والأثير ، وفي بحوث فلسفية أخرى .

وقد يظن القارئ حين يقرأ رءوس هذه الموضوعات أن فيها عمقا وصعوبة ، ولكنه لا شك واجد في أسلوب المؤلف وطريقة عرضه لها من اليسر والوضوح ما يقربها إليه ، وما يغريه بالاسترسال في قراءة غير هذا الكتاب مما ألف في العلوم الطبيعية الحديثة . ويعد هذا الكتاب بحق من كتب "الأدب العلمي" الذي استحدثه بعض علماء الغرب الممتازين ليرقوا بالثقافة الشعبية عن طريقه ، وليستفيد منه الجمهور . ولقد ساهمت دور النشر في الغرب في نشر هذا "الأدب العلمي" فقدمت إلى الناس طبعات

مختلفة زهيدة الثمن من مؤلفات كبار العلماء في هذا النوع من الأدب الحديد ليسهل اقتنائها وتعم فائدتها ، ولسنا نجد مع الأسف الشديد مثل هذه الجهود في اللغة العربية ، بل إن حظها منها ضئيل أو معدوم .

وقد أخذ المؤلف نفسه بأسلوب البحث العلمي الخالص ، فهو يعرض على القارئ آراء مختلفة في المسألة الواحدة ، من غير أن يرجح رأيا على رأي ، أو يفرض على القارئ رأيا بذاته ، أو يصدر حكما له في مسألة من المسائل ، بل يكتفى بهذا العرض ويترك القارئ حرا يستخلص لنفسه ما يشاء من النتائج ويكون له فيها رأيا مستقلا ، وهذا واضح كل الوضوح من قوله في مقدمة كتابه ” فلكل إنسان الحق في أن يستنبط النتائج التي يرى استنباطها من الحقائق التي يعرضها العلم الحديث “ ومن قوله الذي ينتتم به هذا الكتاب ” إن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام ، ذلك أن نهر المعرفة كثيرا ما التوى على نفسه “ فإذا ما خرج السير جيتز عن هذه القاعدة ، فعرض رأيا خاصا له في مسألة من المسائل ، فانه يدعو القارئ ألا يتقيد به وأن يأخذ في تلك المسألة بالرأي الذي يرتضيه لنفسه وإن خالف رأيه هو وعارضه ، وحسبنا دليلا على ذلك قوله في مقدمة الكتاب ” وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت وهذا هو الغرض الذي كتبت من أجله “ .

هذه هي القواعد العلمية الثلاث التي بنى عليها الكاتب أسلوب بحثه العلمي وحدد بها معاملة ثم سار عليها في كتابه ، فهو يكتفى بأن يعرض فيه شريطا سينميا عن الكون وما يتصل به من ظواهر طبيعية عرضا ياذ للقارئ متابعتها في غير عناء أو إرهاق ، وينتقل به من صورة إلى صورة كما ينتقل مشاهد

السينما من منظر إلى منظر ، وهو فوق ذلك شريط رسمته يد مصور بارع يعرف كل صغيرة وكبيرة فى موضوع بحثه .

وهذه ترجمة عربية لهذا الكتاب ، لا تختلف عن الأصل الانجليزى إلا فيما اقتضته أصول الترجمة من التصرف ، الذى يتطلبه أسلوب اللغة العربية . وأرجو أن أكون قد وفقت فى هذه المهمة ، وأن ينتفع بها قراء اللغة العربية الذين قد لا تتاح لهم الفرصة لقراءة الأصل الانجليزى . ولقد أورد المؤلف فى كتابه ما رأيت أنه فى حاجة إلى تعليق تتم به الفائدة المرجوة من هذه الترجمة العربية ، كما أورد أسماء طائفة كبيرة من الثقات فى العلم والفلسفة والأدب ، فأثبت هذه الأسماء بالانجليزية فى أسفل الصفحات التى وردت فيها ، ثم ذيلت الكتاب بدليلين أحدهما برءوس الموضوعات والآخربأسماء العلماء ، ليسهل على القارئ الاطلاع على موضوع خاص يريد الاطلاع عليه أو على رأى لأحد هؤلاء العلماء يرغب أن يتبينه ، كذلك رأيت إتماما للفائدة أن أذيل الكتاب بما ورد فيه من المصطلحات العلمية ، مرتبة حسب ترجمتها العربية أولا ثم حسب أصلها الانجليزى ثانيا ، ليزيد بذلك نفعه وتعم فائدته .

عبد الحميد محمدى مرسى

تقدمة

في هذا الكتاب بسط لمحاضرة ريد^(١) (Rede Lecture) التي ألقيتها
في جامعة كمبردج في نوفمبر من عام ١٩٣٠

إن من الاعتقادات الشائعة أن التعاليم الجديدة في الفلك والعلوم
الطبيعية لا بد أن تحدث انقلابا كبيرا في نظرتنا إلى الكون كله ،
وفي آرائنا عن معنى الحياة البشرية . وذلك في الحقيقة بحث من الأبحاث
الفلسفية ؛ ولكن قبل أن يحق للفلاسفة أن يتكلموا يجب أن يطالب إلى
العلم أن يدلي بكل ما يستطيع الإدلاء به من حقائق مؤكدة وفروض مؤقتة ؛
عندئذ ، وعندئذ فقط ، يمكن من غير حرج أن ينتقل البحث إلى نطاق الفلسفة .

وقد أقدمت على تأليف هذا الكتاب متأثرا بمثل هذه الآراء ؛ وكثيرا
ما خالجتني الشكوك فلم أدر هل يحق لي أن أضيف شيئا إلى الكثير الذي
كتب في هذا الموضوع . ولا أستطيع أن أعزو لنفسى مؤهلات خاصة
أكثر مما هو معروف عن الميزة التي تتاح لكل من يقصر عمله على المشاهدة ؛

(١) ناطق محاضرات تذكارية كل عام باسم أفراد من النوابغ يراد تخليد ذكراهم ، منها هذه
المحاضرة ومحاضرة ابن الهيثم التذكارية التي ناطق في كلية الهندسة بجامعة فؤاد الأول تخليدا
لذكراه .

فلسفـة فيلسوفا بتجاربي ولا بميولي ، وقد بقيت جهودى العلمية سنوات كثيرة خارج ميدان الفروض الطبيعية المتضاربة .

ويجد القارئ فى الأربعة الفصول الأولى التى تكون أهم أجزاء الكتاب أبحاثا مختصرة ، بعيدة كل البعد عن التفاصيل ، فى موضوعات علمية ، يخيل إلى أنها من النوع الذى يثير الاهتمام ، والذى يزودنا بمادة تصلح لأن تكون أساسا للبحث فى المسائل الفلسفية النهائية ، ولقد تحاشيت بقدر المستطاع أن أكرر ما قلته فى كتاب لى قبل هذا ، وهو كتاب " الكون الذى حولنا " (The Universe Around US.) لأننى أرجو أن يقرأ كتابى هذا على أنه حلقة متممة لكتابى السابق ، وليستثنى من هذا ما احتواه هذا الكتاب من المسادة التى يستلزمها البحث الرئيسى ، وذلك لى يصير مستقلا بنفسه .

ويختلف الفصل الأخير عن سائر فصول الكتاب ، ذلك أن من حق كل إنسان أن يستنبط النتائج التى يرى استنباطها من الحقائق التى يعرضها العلم الحديث . وقد أثبت فى هذا الفصل الآراء التى أميل أنا ، البعيد عن ميادين الفكر الفلسفى ، إلى أن أفسر بها الحقائق العلمية والفروض التى بحثتها فى الفصول الرئيسية من الكتاب ، وسيرى الكثيرون فيه غير ما رأيت ، وهذا هو الغرض الذى كتبته من أجله .

” المسجونين طريق مرتفع ، فاذا نظرت إلى هذا الطريق ، رأيت جداراً “
 ” منخفضاً . ممتداً على طوله ، كأنه الستار الذى يضمه لآعبوالدمى أمامهم “
 ” ويظهرونها من فوقه . “
 ” إنى أرى ذلك . “

” ثم قلت : وهل ترى الناس يسرون على طول الجدار يحملون أوعية “
 ” مختلفة الأنواع . وتماثيل وصور حيوانات مصنوعة من خشب وحجارة ، “
 ” ومواد أخرى مختلفة تظهر من فوق الجدار ؟ “

” لقد عرضت على صورة غريبة ، وما أغرب هؤلاء السجناء ! “
 ” فقلت : إنهم مثلنا ، لا يرون إلا ظلالهم ، أو ظلالاً أخرى غير ظلالهم ، “
 ” تلقىها النار على الجدار المقابل لباب الكهف . “

” قال : هذا حق ، وكيف يستطيعون أن يروا غير الظلال إذا لم يسمح “
 ” لهم أن يحركوا رؤوسهم ؟ “

” أولاً يرون من الأجسام التى تحمل بمثل هذه الطريقة إلا ظلالها ؟ “
 ” قال : بلى . “

” فقلت له : إن الحقيقة ليست إلا ظلالاً لصور ، ولست أقول ذلك “
 ” على سبيل المجاز ، بل على سبيل الحقيقة . “

الفصل الأول

الشمس المحتضرة

من النجوم عدد قليل لا يكاد يكبر الأرض ، ولكن أغلب النجوم كبير إلى حد يجعل من الممكن أن يجمع مئات الآلاف من الأرضين في أحدها ، ثم يبقى فيه بعد ذلك متسع لغيرها . وقد يصادفنا أحيانا عملاق هائل من النجوم ، يبلغ من الكبر حدا يتسع معه لاحتواء ملايين الملايين من الأرضين ، وربما كان مجموع عدد النجوم التي في الكون قريبا من مجموع عدد حبيبات الرمل التي تغطي شواطئ البحار في العالم كله . ألا ما أصغر شأن موطننا في الفضاء بالنسبة إلى سائر ما في الكون من مواد !

وهذا الجمع العظيم الحاشد من النجوم يسبح في الفضاء ، وفيه عدد قليل يكون مجموعات تسير مترافقة ، ولكن أغلبها يحوب الآفاق منفردا ، في كون متسع الأرجاء اتساعا يجعل اقتراب نجم من نجم آخر في أى مكان حادثا نادرا يصعب تصوّر حدوثه ، ولهذا نرى كلا منها يسبح منفردا ، في عظمة وجلال ، كأنه سفينة تسبح في محيط لا تشاركها فيه سواها . وإذا مثلنا الكون بنموذج ذى مقياس رسم معين ، تعرض فيه النجوم بحجم السفن ، كان متوسط المسافة بين كل سفينة وأقرب جارة لها يزيد على مليون من الأميال ، ولهذا يسهل علينا أن نعرف لماذا يندر أن تلتقي سفينة بأخرى ، على مسافة تستطيعان منها أن تتبادلا التحية .

على أننا نعتقد ، برغم هذا ، أن ذلك الحدث النادر قد وقع منذ زمن يقرب من ألفين من ملايين السنين ؛ فقد اتفق أن نجما ثانيا كان يسبح على غير هدى في الفضاء ، اقترب من جرم الشمس ، فأثار هذا النجم الثانى مدودا على سطح الشمس ، تشبه ما تثيره الشمس والقمر على سطح الأرض من مدود ، ولكنها كانت من غير شك أعظم من المدود التى تحدثها كتلة القمر فى المحيطات ؛ ولا بد أن موجة مد هائلة كانت قد انتقلت فوق سطح الشمس حتى كوّنت فى النهاية جبلا هائل الارتفاع ، يزداد علوا كلما ازداد سبب الاضطراب قربا . وقبل أن يأخذ النجم الثانى فى الارتداد عن شمسنا ازدادت قوة جذبها المادى ، حتى حطمت هذا الجبل ومزقته ، فتناثرت منه قطع صغيرة ، كما يتناثر الرشاش من أعلى الموجة ، وأخذت هذه القطع الصغيرة المتناثرة تدور حول أمها الشمس ، وما زالت تدور حولها إلى الآن ؛ وكان منها الكواكب ، كبيرها وصغيرها ، ومن بينها أرضنا .

والشمس وغيرها من النجوم التى نراها فى السماء كلها شديدة الحرارة ، مما يجعل وجود الحياة فيها أو استقرارها أمرا متعذرا ، وكذلك كانت من غير شك قطع الشمس عند ما انفصلت عنها أول الأمر ، غير أنها أخذت تبرد تدريجا حتى لم يبق فيها الآن سوى حرارة داخلية قليلة ، وأصبحت تستمد كل حرارتها ، إلا قليلا ، من إشعاع الشمس . وقد حدث مع مرور الزمن أن نشأت الحياة على إحدى هذه القطع الباردة ، وإن كنا لا نعرف سبب وجودها ، ولا ندرى كيف وجدت أو متى وجدت . وقد بدأت هذه الحياة فى صورة كائنات أولية لا تكاد تزيد مقدرتها الحيوية على أن تتكاثر ثم يدركها الفناء ؛ ولكن من هذه البدايات المتواضعة انبثق

تبع من الحياة ، وأخذت تتقدم وتزداد تعقيدا ، حتى انتهت إلى هذه المخلوقات التي تركزت حياتها ، حول عواطفها وأطماعها ، وحول تذوقها للجمال ، وحول الأديان التي يتمثل فيها منتهى آمالها وأنبل أمانيتها .

وأكبر الظن أن الإنسانية قد ظهرت في الوجود بمثل هذه الطريقة ، وإن كنا لا نستطيع أن نتحدث بهذا عن يقين . ونحن إذ نقف على أرضنا تلك الحبيبة الرملية المتناهية في الصغر ، نحاول أن نكشف عن طبيعة الكون الذي يحيط بموطننا في الفضاء والزمن وعن الغرض من وجوده ، نحس في أول الأمر بما يشبه الذعر والهلع . وكيف لا يكون الكون مخيفا مرعبا وهذه أبعاده هائلة لا تستطيع عقولنا إدراك مداها ، وقد مرت عليه أحقاب طويلة لا يمكن تصورها ، ويتضاءل إلى جانبها تاريخ الإنسان حتى يبدو وكأنه لمح البصر ، وهو مخيف مرعب لما نشعر به من وحدة مرهوبة ، وما نعلمه من ضالة موطننا في الفضاء ، ذلك الموطن الذي لا يزيد على جزء من مليون جزء من إحدى حبيبات الرمال التي في بحار العالم . ولكن أخوف ما يخاف العالم من أجله أنه لا يعنى ، كما يلوح ، بحياة مثل حياتنا . وكأن عواطفنا ومطامعنا وأعمالنا وفنوننا وأدياننا كلها غريبة عن نظامه وخطته . وقد يكون من الحق أن نقول إن بينه وبين حياة حياتنا عداً قويا ، ذلك بأن الفضاء في أكثر أجزائه بارد إلى حد تتجمد فيه كل أنواع الحياة ، كما أن أكثر المادة التي في الفضاء تبلغ من الحرارة حداً يجعل الحياة فيه مستحيلة وأن الفضاء تذرعه إشعاعات مختلفة الأنواع لا تنفك تصدم ما فيه من أجرام فلكية ، وقد يكون كثير من هذه الإشعاعات معاديا للحياة أو مبيدا لها .

هذا هو الكون الذى ألفت بنا فيه الظروف ، وإذا لم يكن حقا أن ظهورنا حدث بسبب غلطة وقعت فيه ، فلا أقل من أن يكون نتيجة لما يصح أن يوصف بحق أنه "مصادفة" ، ويجب ألا يثير استعمال هذه الكلمة حول وجود أرضنا أى عجب ، لأن المصادفات لا بد واقعة ، وإذا استمر الكون زمنا طويلا كافيا فقد يحدث فيه فى الوقت المناسب كل ما نستطيع تصوره من المصادفات ، وأظن أن "هكسلى" ^(١) هو الذى قال : "إنك إذا تركت ستة قرود تضرب بأصابعها على آلة كاتبة ، دون قصد أو تفكير ، مدى ملايين الملايين من السنين ، فإنها فى النهاية تكون قد كتبت كل كتب المتحف البريطانى ^(٢) . فلو جئنا بأخر صفحة كتبها أحد تلك القردة ، حينما كان يضرب بأصابعه الآلة الكاتبة على غير هدى ، ووجدناه قد كتب مصادفة إحدى أغاني شكسبير ^(٣) لحق لنا أن نرى فى هذه الحادثة مصادفة عجيبة . ولكننا إذا فحصنا عن جميع ملايين الصفحات التى كتبتها القردة فى ملايين السنين التى يخطؤها الحصر ، فإننا لا شك واجدون فيها أغنية لشكسبير جاءت بها المصادفة العمياء . وبمثل هذه الطريقة تلاقى ملايين الملايين من النجوم جميع أنواع المصادفات وهى تسبح فى الفضاء على غير هدى منذ ملايين الملايين من السنين ، ولكن عددا محدودا منها مقدر عليه أن يلاقى ذلك النوع الخاص من المصادفة التى أظهرت للوجود المجموعات الكوكبية ، غير أن التقدير الحسابى يبين أن عدد هذه المجموعات ، مهما كبر ، صغير جدا إذا قيس بعدد نجوم السماء ، أى أن المجموعات الكوكبية لا بد أن تكون قليلة جدا فى الفضاء .

وهذه القلة في المجموعات الكوكبية أمر عظيم الأهمية ، لأن حياة كالحياة التي نعرفها على الأرض لا يمكن أن تنشأ إلا على كواكب كالأرض ، ذلك بأن وجودها يتطلب ظروفًا طبيعية مناسبة لها ، وأهمها درجة من الحرارة تستطيع الأجسام فيها أن تبقى سائلة .

فأما النجوم فإنها لفرط حرارتها لا تصلح لهذا الغرض ؛ وفي وسعنا أن نتصورها مجموعة واسعة من النيران موزعة في الفضاء ، تنشر الحرارة في جو لا تزيد حرارته على أربع درجات فوق الصفر المطلق — أي نحو ٤٨٤ درجة من درجات الصقيع بمقياسنا الفهرنهي ، وقد تصل إلى أقل من ذلك في أرجاء الفضاء المتسعة التي تقع خارج المجرة . فإذا بعدنا عن تلك النيران وجدنا البرودة التي لا يمكن تصورها ، والتي تصل إلى مئات من درجات الصقيع ، أما ما يجاور هذه النيران ففيه حرارة تصل درجاتها إلى الآلاف ، وفيها تنصهر الأجسام الجامدة وتغلي السوائل .

ولا يمكن أن توجد الحياة إلا في منطقة معتدلة ضيقة ، تحيط بكل من هذه النيران على مسافة محدودة معينة لا تتعدها ، لأنها تتجد من شدة البرد في خارجها ، وتتحرق لشدة الحر في داخلها. وإذا أضيفت هذه المناطق الصالحة للحياة بعضها إلى بعض لم تبلغ سعتها جزءا من ألف مليون جزء من الفضاء كله بوجه التقريب . وحتى في داخل هذه المناطق تكون الحياة نادرة الحدوث جد الندرة. فليس من المصادفات العادية أن تقذف الشمس بعيدا عنها كواكب كما قذفت شمسنا ؛ وإنه لمن المحتمل أن يكون لنجم واحد فقط من بين ١٠٠,٠٠٠ من النجوم كوكب يدور حوله في المنطقة الضيقة التي يمكن أن توجد فيها الحياة .

ولهذا السبب عنه لا يمكن أن يصدق أن العالم قد وجد قبل كل شيء لأن ينتج حياة مثل حياتنا، ولو كان الأمر كذلك لتوقعنا أن تكون النسبة بين بناء الكون وبين ما فيه من حياة خيرا مما هي الآن، ويلوح لأول وهلة على الأقل أن الحياة ليست إلا نتاجا ثانويا لا خطر له على الإطلاق، وأننا نحن الأحياء عرض من الأعراض .

ولا ندري أتكفى الظروف الطبيعية المناسبة وحدها لأن تخلق الحياة؟ فأحدى مدارس الفكر تقول إن للأرض حين بردت تدريجا كان من الطبيعي، بل يكاد يكون من الضروري، أن توجد على ظهرها الحياة . وتقول مدرسة أخرى إنه بعد أن أوجدت الأرض إحدى المصادفات، كان لابد من مصادفة ثانية لتخرج الحياة . والذي نعلمه نحن أن الأجزاء المادية التي يتكون منها كل جسم هي الذرات الكيميائية العادية — هي الكربون، الذي نجده في السناج أو دخان المصباح، والأيدروجين والأوكسيجين اللذان نجدهما في الماء، والأزوت الذي يكون أكبر جزء في الهواء الجوى، وما إلى ذلك . ومعنى هذا أن كل نوع من أنواع الذرة اللازمة للحياة قد وجد من غير شك على الأرض حين ولدت، وربما حدث في بعض الفترات أن رتبت مجموعة من الذرات نفسها كما تترتب في خلية حية . وفي الحق أن هذه الذرات إذا أتيحت لها الوقت الكافي لابد أن ترتب نفسها هذا الترتيب، كما لابد أن تكتب القردة الستة أغنية لشكسبير بالآلة الكاتبة إذا أمهلت الوقت الكافي . ولكن هل تصير هذه الذرات خلية حية؟ أو بعبارة أخرى: هل الخلية الحية مجرد مجموعة من الذرات العادية، مرتبة بطريقة غير الطريقة العادية أو هي شيء أكثر من هذا؟ هل هي

مجرد ذرات ، أو هي ذرات وحياة معا ؟ وفي وسعنا أن نعرض المسألة عرضاً آخر فنقول : هل يستطيع كيميائي حاذق أن يخلق الحياة من الذرات الضرورية لها ، كما يستطيع صبي أن يصطنع من " أجزاء آلية " لعبة من اللعب ويطاقها فتسير ؟ إننا لا نعرف لهذه المسألة جواباً ، ولكننا حين نعلم الجواب سنهتدي في ضوئه إلى أن نعرف هل العوالم الأخرى التي في الفضاء مسكونة مثل عالمنا ؟ وسيكون لهذا العلم من غير شك أكبر الأثر فيما نفهمه من معنى الحياة . وقد يحدث من ذلك ثورة في الأفكار أعظم شأنها من الثورة التي أحدثها جاليليو ^(١) في علم الفلك ، ودارون ^(٢) في علم الأحياء .

ومهما يكن من شيء ، فإننا نعرف حقاً أن المادة ، وإن كانت تتكون من ذرات عادية ، يتكون معظمها من ذرات لها قدرة خاصة على التجمع في جماعات غير عادية أو " جزيئات " .

وكثير من الذرات ليس له هذه الخاصية ، فذرات الأيدروجين والأكسجين مثلاً يمكن أن تتجمع لتكون جزيئات من الأيدروجين (يد) أو (يد_٢) ، وجزيئات من الأكسجين أو الأزون (أ_٢ أو أ_٣) ، أو جزيئات من الماء (يد_٢ أ) ، أو جزيئات من فوق أكسيد الأيدروجين (يد_٢ أ_٢) ، ولكن ليس من هذه المركبات ما يحتوي على أكثر من أربع ذرات ، وبإضافة الأزوت لها لا يتغير حالها كثيراً . مركبات الأيدروجين والأكسجين والأزوت ، كلها تتكون من ذرات قليلة العدد نسبياً . ولكنك إذا أضفت إليها الكربون تغيرت الصورة كل التغير ، ذلك أن ذرات

الأيدروجين والأكسجين والأزوت والكربون تتحد لتكوّن جزيئات تحتوى على مئات أو آلاف بل وعشرات الآلاف من الذرات ، ومن هذه الجزيئات تتكوّن معظم الأجسام الحية . وكان الرأى السائد منذ قرن مضى أن "قوة حيوية" يجب توافرها لإحداث هذه المواد وغيرها من المواد التى تدخل فى تكوين الجسم الحى ؛ فلما جهز وهلر^(١) فى معمله البولينا (ك إزيد) التى هى إنتاج ينفرد به الحيوان ، واستخدم فى تجهيزها عمليات التكوين الكيميائى المعتادة ، تبع ذلك ، فى الوقت المناسب ، تجهيز بعض مكونات الجسم الحى ، فالظواهر التى كان ينسب حدوثها فى وقت من الأوقات إلى "قوة حيوية" أصبحنا الآن نرجعها ظاهرة فى أثر ظاهرة إلى فعل عمليات عادية مألوفة فى علمى الطبيعة والكيمياء . ومع أن المسألة لا تزال بعيدة عن الحل ، فإن الأيام تقوى الفكرة القائلة بأن الذى يميز مادة الأجسام الحية بصفة خاصة ليس وجود "قوة حيوية" بل وجود الكربون ، هذا العنصر العادى الذى يشترك دائماً مع ذرات أخرى ويكون معها جزيئات كبيرة جد الكبر .

وإذا كان الأمر كذلك ، فإن الحياة توجد فى العالم لأن لذرة الكربون خواص استثنائية . وقد يكون من أهم العوامل التى تزيد فى أهمية الكربون أنه يكون مرحلة انتقال بين العناصر الفلزية وغير الفلزية . غير أنه لا يعرف حتى الآن عن التركيب الطبيعى لذرة الكربون ما يعلل سبب قدرتها الخاصة على ربط الذرات الأخرى بعضها ببعض . وكل الذى نعرفه أن ذرة الكربون تتكوّن من ستة كهارب (الكترونات) تدور حول نواتها المركزية الخاصة

كما تدور ستة كواكب حول شمس مركزية . ويلوح أن كل الفرق بينها وبين أقرب جارتين لها في جدول العناصر الكيميائية ، وهما ذرتا البورون والأزوت ، أنها تزيد بقدر كهربي واحد على كهربي الذرة الأولى ، وتنقص بقدر كهربي واحد عن كهربي الذرة الثانية . غير أن هذا الفرق الضئيل هو الذي يعلل في آخر الأمر كل ما بين وجود الحياة وانعدامها من خلاف . ومما لا شك فيه أن سبب امتياز الذرة ذات الستة الكهارب بهذه الخواص العجيبة كامن في قوانين الطبيعة النهائية ، غير أن العلوم الرياضية الطبيعية لم تسبر غور هذه المسألة بعد .

وفي الكيمياء حالات معروفة مشابهة لهذه الحال نفسها ، فظواهر المغنطيسية تظهر قوة هائلة في الحديد ، وتظهر بدرجة أقل في جاريه : معدني النيكل والكوبلت ، وتحتوي ذرات هذه العناصر على ٢٦ و ٢٧ و ٢٨ من الكهارب على الترتيب . أما الخواص المغنطيسية في جميع الذرات الأخرى فانها لا تكاد تستحق الذكر بالقياس إلى هذه الذرات السابقة ، فالمغنطيسية إذن يقف وجودها على الخواص المعينة في الذرات ذات الكهارب الستة والعشرين والسبعة والعشرين والثمانية والعشرين ، ولا سيما الذرة الأولى ، وذلك لسبب لا نعرفه ولم تعنا الرياضيات الطبيعية على معرفته في هذه الحالة أيضا . وثمة حالة ثالثة من هذا النوع ، وهي ظاهرة النشاط الإشعاعي ، فهذا النشاط مقصور على الذرات التي تحوى كهارب يتراوح عددها بين ٨٣ و ٩٢ ، إلا في حالات نادرة لا تستحق الذكر . ولنا نعلم سببا لهذا أيضا .

وملاك القول أن الكيمياء لا تستطيع أن تطلب إلينا أكثر من أن نضع الحياة في مرتبة المغنطيسية والنشاط الإشعاعي . وقد بنى العالم بحيث

يسير طبقا لقوانين خاصة ، وكان من نتائج هذه القوانين أن صارت للذرات التي تحتوى على أعداد معينة محدودة من الكهارب ، وهى ٦ وما بين ٢٦ و ٢٨ وكذلك ما بين ٨٣ و ٩٢ ، خواص معينة تتكشف فى ظواهر الحياة والمغناطيسية والنشاط الإشعاعى على الترتيب . إن الخالق القادر على كل شئ ، والذي لا يخضع للقيود أيا كان نوعها لا يقيد نفسه بالقوانين التي تسود هذا الكون ، وربما اقتضت مشيئته أن ينشئ الكون على حسب طائفة أخرى من القوانين التي لا يمكن حصرها . فاذا كانت مشيئته قد اقتضت أن يختار طائفة أخرى من القوانين فربما كان ثمة مع هذه القوانين ذرات معينة أخرى ذات خواص معينة أيضا . وليس فى وسعنا أن نقول ما هى هذه الذرات ، وما هى خواصها ، ولكننا نستطيع أن نحكم من المبادئ الأولية أنه ليس من المحتمل أن يكون النشاط الإشعاعى أو المغناطيسية أو الحياة بين هذه الخواص ، ذلك أن علم الكيمياء يشير الى أن الحياة كالمغناطيسية والنشاط الإشعاعى ربما كانت مجرد نتيجة عارضة لمجموعة القوانين الخاصة التي تسيطر على الكون الحاضر .

كذلك فقد تكون كلمة "مصادفة" موضع اعتراض ، فقد يقال : ماذا يمنع أن يكون مبدع الكون قد اختار طائفة خاصة من القوانين لغرض واحد ، وهو أنها قد أدت إلى ظهور الحياة ؟ وماذا يمنع أن تكون هذه هى طريقته فى خلق الحياة ؟ إننا ما دمنا نفترض وجود خالق على هذه الصورة البشرية المعظمة ، تحركه أحاسيس وميول كالتى تحركنا نحن ، فإن الفروض السابقة تصبح أقوى من أن تحتاج الى حجج تؤكدها ، لكنا إذا نحن محونا من أذهاننا كل ما فيها من آثار هذه النظرة — نظرتنا إلى الخالق كأنه

إنسان عظيم — لم يبق بعد ذلك ما يدعو إلى القول بأن القوانين الحاضرة قد اختيرت عن قصد لإيجاد الحياة ، فربما كانت قد اختيرت مثلا لاستحداث المغنطيسية أو النشاط الإشعاعي . والحق أن هذا أكثر احتمالا ، لأن الظواهر كلها تدل على أن لعلم الطبيعة شأننا في هذا الكون يربى كثيرا على شأن علم الحياة . وإذا نظرنا إلى الأمر نظرة مادية مخضبة ، بدا لنا أن فكرة ضالة الحياة تسرع بنا إلى القضاء على كل تفكير في أن الحياة هي أهم ما يعنى به مبدع الكون الأعظم .

وقد يكون في التشبيه الآتى ، على تفاهته ، ما يجعل الأمر أكثر وضوحا . لقد يظن بحار غير ذى خيال ، تعود عقد العقد ، أنه يستحيل عبور المحيط إذا استحال عقدها ، ولكن قدرة العقد مقصورة على الفضاء ذى الأبعاد الثلاثة ، ولا يمكن عقد عقدة في فضاء له بعد واحد ، أو بعدان ، أو أربعة أبعاد ، أو خمسة ، أو أى عدد آخر من الأبعاد . وربما استنبط بحارنا عديم الخيال من هذا أن خالقا رعوفا كان يشمل البحارة برعايته الخاصة ، فاختار أن يكون الفضاء ذا أبعاد ثلاثة ، حتى يصير من الممكن عقد العقد وعبور المحيط فى الكون الذى خلقه ، أى أن الفضاء قد كان ذا أبعاد ثلاثة ليكون ثمة بحارة . ويلوح أنه ليس ثمة دارق كبير بين هذا المنطق والمنطق السابق ، وأن كليهما من حيث القوة سواء ، لأن الحياة بصفة عامة وعقد العقد يكادان يتساويان فى أن كلا منهما لا يمثل أكثر من جزء تافه من مجموع نشاط الكون المادى .

وحسبنا هذا بيانا للطريقة العجيبة التى ظهرنا بها فى الوجود ، وهى كل ما يستطيع العلم أن يدلى به فى الوقت الحاضر . وإن دهشتنا لترداد إذا

نحن حاولنا أن ننقل من البحث في أصل وجودنا لتفهم الغرض من وجودنا في الحياة ، أو نتنبأ بالمصير الذى يخبئه القدر لسالتنا البشرية .

إن الحياة كما نعرفها لا يمكن أن تبقى إلا فى حالات مناسبة من الضوء والحرارة ؛ ونحن إنما نعيش لأن الأرض تستقبل من إشعاعات الشمس المقدار المناسب بالضبط ؛ فإذا ما اختل هذا التوازن ، ورجحت الكفة نحو أحد الاتجاهين : نحو الزيادة أو النقص ، فإن الحياة لا بد أن تختفى من الأرض ؛ وحقيقة الموقف هى أنه من السهل جدا أن يختل هذا التوازن .

ولا بد أن يكون الإنسان الأول ، عندما كان يقطن فى المنطقة المعتدلة من الأرض ، قد شاهد بشىء من الفزع عصر الجليد يقترب من موطنه . لقد كان يرى أنهار الجليد فى كل عام تتقدم باطراد فى الوديان ، ويحس أن الشمس فى كل شتاء أقل مقدرة على أن تمد الحياة بالحرارة اللازمة ، ولا بد أن يكون قد ظهر له ، كما يظهر لنا الآن ، أن الكون يناصب الحياة العداء .

ونحن ، أبناء هذه الأيام المتأخرة ، الذين نعيش فى المنطقة المعتدلة الضيقة المحيطة بشمسنا ، ننظر الى المستقبل البعيد فنرى عصرًا جليديا من نوع آخر يهددنا . لقد قدر على تantalوس^(١) أن يموت صاديا ، وهو

(١) Tantalus : شخصية من شخصيات أساطير الإغريق أغضب الآلهة فصبت عليه العذاب فكان يغمره الماء حتى عنقه ، فإذا حاول أن يروى ظمأه انحسر عنه الماء من كل ناحية ، وهكذا قضى عليه أن يموت ظمآنًا ومن حوله وتحت قدميه الماء الدافق .

واقف وسط بحيرة تكاد تبتلعه لشدة عمقها ، وتلك مأساة تنتظرنا نحن أيضا ، فربما قدر علينا أن نموت من البرد ، على حين أن الجزء الأكبر من مادة الكون لا يزال شديد الحرارة ، لا يسمح للحياة أن تستقر فيه ، ذلك أن الشمس ليس لها مصدر خارجي تستمد منه حرارتها ، ولا بد إذن أن يقل بالتدريج مقدار ما تبعثه من إشعاع وهو مصدر الحياة ، فإذا استمرت الحال كذلك فإن المنطقة المعتدلة من مناطق الفضاء ، وهي وحدها التي توجد فيها الحياة ، تقترب من الشمس شيئا فشيئا ، وإذا أريد أن تبقى أرضنا صالحة للحياة ، فلا بد لها أن تقترب دائما من الشمس المحتضرة . لكن العلم يخبرنا أن الأرض لا تقترب من الشمس ، بل إن قوانين الحركة ، وهي قوانين ثابتة لا تتحول ، تعمل حتى في وقتنا هذا على أن تبعد أرضنا عن الشمس ، وتدفعها نحو مناطق البرد والظلام الخارجية . ومبلغ علمنا أن هذه القوانين ستظل في عملها حتى تجمد الحياة على الأرض وتنعدم ، إلا إذا وقع قبل ذلك اصطدام سماوي ، أو وقعت واقعة أخرى هائلة ، فأودى هذا أو أودت تلك بالحياة على عجل قبل ذلك الميقات المحتوم . وهذا الخطر المنتظر لا تتعرض له أرضنا وحدها ، بل إن شمسنا أخرى لا بد أن تموت كما تموت شمسنا ، وكل حياة يمكن أن تكون على كواكب أخرى لا بد في النهاية أن تلقى ذلك المصير التعس .

كذلك يقص علينا علم الطبيعة القصة نفسها التي يقصها علم الفلك ، ذلك أننا إذا صرفنا النظر عن جميع الاعتبارات الفلكية ، نجد القانون الطبيعي العام ، الذي يعرف بالقانون الثاني لعلم الديناميكا الحرارية ، ينبئ بأن الكون لا يمكن أن يكون له سوى نهاية واحدة — هي "موت

الحرارة “ حين تتوزع جملة طاقة الكون توزيعاً منتظماً ، فتصير أجسام الكون كلها في درجة حرارة واحدة ، وستكون هذه الحرارة منخفضة انخفاضاً يجعل الحياة مستحيلة . ولا يهم كثيراً أى طريق يصل بالكون الى هذه الحالة النهائية ” فكل الطرق يوصل الى روما “ ذلك أن نهاية الرحلة لن تكون سوى الفناء الشامل .

فهل هذا إذن كل ما تبلغ إليه الحياة — أن تسقط سقطة العاثر خطأ في كون لم يهباً للحياة ، في كون تدل جميع مظاهره على أنه لا يكثر مطلقاً بها ، أو أنه يعادها عداء لا هوادة فيه ، وأن نبقى آوين إلى جزء من حبيبة رمل حتى تجمد فينا الحياة ، وأن تمضي وقتنا الضئيل على مسرحنا الضئيل معجبين بأنفسنا ، ونحن نعلم أن آمالنا كلها قد قدر لها آخر الأمر أن تتحطم ، وأن أعمالنا لا بد أن تفنى معنا ، فنمضي تاركين الكون كأن لم يكن لنا فيه وجود ؟

هذا السؤال يعرضه علم الفلك ، لكنني أرى أن نلجأ أكثر ما نلجأ إلى علم الطبيعة لنبحث فيه عن الجواب ، لأن ما يستطيع أن يحدثنا به علم الفلك ، هو نظام الكون في الوقت الحاضر ، واتساع الفضاء وفراغه ، وضالة شأننا فيه ؛ بل إنه يستطيع أن يحدثنا بعض الحديث عن طبيعة التغيرات التي أحدثها مرور الزمن ؛ ولكن علينا أن نتعمق في الفحص عن أساس طبيعة الأشياء ، قبل أن نمنى أنفسنا بالوصول الى جواب عن سؤالنا السابق ؛ وليس هذا من مباحث علم الفلك ، بل سنرى أن سؤالنا يمضي بنا إلى صميم علم الطبيعة الحديث .

الفصل الثانى

العالم الحديد لعلم الطبيعة الحديث

لا بد أن يكون الإنسان الأول قد وجد الطبيعة فريدة فى ألفاظها وتعقيدها . لقد كان يثق أن أبسط الظواهر تتكرر مرات لا حصر لها ، فالجسم الذى لا يستند إلى شىء يقع على الدوام ، والحجر الذى يقذف به فى الماء يغطس فيه ، بينما تطفو عليه قطعة من الخشب ، وكانت هناك ظواهر أخرى أكثر من هذه تعقيدا ، ليس لها مثل هذا الانتظام ، فالصاعقة كانت تصيب شجرة فى أكمة من الأشجار ولا تصيب جارتها ، وهى تماثلها فى النمو وتساويها فى الحجم ، وكان الهلال يطلع فى أحد الأشهر على جو جميل ، ويطلع فى شهر آخر على جو ردى .

وقف الإنسان وجهها لوجه أمام دنيا من الطبيعة ، تدل مظاهرها كلها على أنها مثله فى تغيرها وتقلبها ، فكان أول ما وقع له أن يخلق "طبيعة" من صورته ، فعزا ما ظنه أخطاء وما حسبه خروجا من الكون عن طريقه المرسوم إلى هواجس وأهواء صادرة عن آلهة أو عن أرواح أقل من الآلهة شأنا ، خيرة كانت أو شريرة . ولم تظهر القاعدة العظمى — قاعدة السببية — إلا بعد دراسة طويلة ، وقد تبين مع الزمن أن هذه القاعدة تسيطر على كل الطبيعة غير الحية ، فقد عرف أن السبب الذى ينفرد بإحداث أثر معين ينتج هذا الأثر على الدوام ، وأن ما يحدث فى لحظة ما غير موقوف على

رغبات مخلوقات خارجية ، بل هو نتيجة ظروف سبقتها تحتمها قوانين ثابتة لا تتبدل ، وهذه الظروف قد حتمتها هي الأخرى ظروف سابقة ، وكان لا بد من حدوثها كما حدثت ، وهكذا دواليك . ومعنى هذا أن مجرى الحوادث كله تحدده الحالة التي فطر عليها العالم في أول لحظة من تاريخه . ومنذ أن تحدت هذه الحالة الأولى لم تعد الطبيعة تستطيع أن تسلك سوى طريق واحد فقط إلى نهاية مقدره من قبل . ومجمل القول أن عملية الخلق لم تتناول خلق الكون فحسب ، بل رسمت له أيضا كل تاريخه في المستقبل . نعم إن الإنسان ظل يعتقد أنه هو نفسه قادر على أن يؤثر في مجرى الحوادث بإرادته ، وإن كان الذي يدفعه إلى هذا الاعتقاد هو غريزته لا علمه أو منطقته أو تجربته ، ولكن قانون السببية بدأ منذ ذلك الوقت يسيطر على جميع الحوادث التي سبق أن عزاها هو إلى أفعال كائنات خارقة للطبيعة .

وقد كان إقرار هذا القانون وإثباته نهائيا واعتباره المبدأ الأساسي الذي تسير الطبيعة بمقتضاه أعظم انتصار للعلم في القرن السابع عشر ، ذلك العصر العظيم الذي أنجب جاليليو ونيوتن^(١) ، فقد تبين في ذلك الوقت أن الظواهر الطبيعية التي تحدث في السماء ليست سوى نتيجة لقوانين الضوء العامة ، وثبت أن المذنبات التي كانت تعد من قبل نذرا بسقوط الدول أو بموت الملوك قد رسم حركاتها مقدما قانون الجذب العام ، وقد كتب نيوتن في ذلك : " ليت ظواهر الطبيعة الباقية يمكن استنباطها بهذه الطريقة من القواعد الميكانيكية " .

ونشأت من هذا حركة ترمى إلى تفسير الكون المادى كله على أنه آلة ،
وهى حركة أخذت تزداد قوة باستمرار حتى بلغت أوجها فى النصف الثانى
من القرن التاسع عشر ، حين جهر هلمهولتز^(١) بقوله : ”إن الغرض النهائى
الذى ترمى إليه كل علوم الطبيعة هو أن تحيل نفسها قواعد ميكانيكية“
وصرح اللورد كالفن^(٢) بأنه لا يستطيع أن يفهم شيئا يعجز عن أن
يصطنع له أنموذجا آليا ، وقد كان له ما كان لكثير من كبار العلماء
فى القرن التاسع عشر من مكانة عالية فى مهنة الهندسة الآلية . وكان
فى وسع غيره من العلماء أن يكونوا كذلك لو أنهم حاولوه ، فقد كان ذلك
العصر عصر العلماء المهندسين الذين كان مطمحهم الأول أن يصطنعوا نماذج
آلية للطبيعة كلها ، وقد نجح وترزتون^(٣) ومكسويل^(٤) وغيرهما فى تفسير
خواص الغازات على أنها شبيهة بخواص الآلة ، وقالوا إن هذه الآلة
تتركب من عدد كبير من كرات صغيرة مستديرة ناعمة أصلب من أشد
أنواع الفولاذ صلابة ، تطير فى كل صوب كما يطير وابل الرصاص فى ميدان
القتال ، وكانوا يرون أن ضغط الغاز مثلا ناشئ عن تصادم تلك الرصاصات
التي تطير بسرعة خاطفة ، مثله فى ذلك كمثل الضغط الذى تحدثه عاصفة
من البرد على سقف خيمة ، فإذا انتقل الصوت خلال أحد الغازات
كانت هذه الرصاصات هى التي حملته . وقد بذلت مثل هذه الجهود لتفسير
خواص السوائل والجوامد على أنها شبيهة بالآلات ، وأن لها خواص
الآلات ، ولكن نصيبها من النجاح كان قليلا ، وبذلت جهود مثلها

Lord Kelvin (Sir W. Thomson) (٢)

H. von Helmholtz (١)

J. Clerk Maxwell (٤)

J. J. Waterston (٣)

في الضوء والجلابية ، ولكنها لم تلق أى نجاح . غير أن هذا الفشل قد عجز عن أن يزعم الاعتقاد بأن الكون في نهاية الأمر يمكن تفسيره تفسيراً آلياً محضاً . وكان العلماء يشعرون بأن كل ما يحتاجون إليه هو أن يبذلوا مجهودات أعظم مما بذلوا ، وعندئذ تظهر الطبيعة غير الحية في نهاية الأمر سافرة عن آلة كاملة دقيقة في عملها .

وكان لكل هذا أثر واضح في تفسير الحياة الإنسانية ، ذلك أن كل توسع في تطبيق قانون السببية ، وكل نجاح في تفسير الطبيعة تفسيراً آلياً ، قد جعلنا من الصعب الاعتقاد في مبدأ الإرادة الحرة . وكانت حجة الباحثين في ذلك أنه إذا كانت الطبيعة كلها خاضعة لقانون السببية فلم تستثن منها الحياة ؟ وقد تمخضت هذه البحوث عن الفلسفات الآلية التي ظهرت في القرنين السابع عشر والثامن عشر ، وما تبعها من الفلسفات المثالية ، التي كانت رد فعل طبيعي لها ، فقد لاح أن العلم يؤثر النظرة الآلية التي تعد عالم المادة كله آلة عظيمة ، وعلى عكس ذلك حاولت النظرة المثالية (انظر ص ١٥٦) أن تعد العالم من خلق الفكر ، وهو لذلك يتكون من الفكر .

وكان العلماء حتى أوائل القرن التاسع عشر لا يزالون يعدّون الحياة شيئاً منفصلاً كل الانفصال عن الطبيعة غير الحية ، ولا يرون في هذه النظرة ما يناقض العلم في شيء ؛ ثم تلا ذلك الكشف عن أن الخلايا الحية تتكون من نفس الذرات الكيميائية التي تتكون منها ذرات المادة غير الحية ، وأنها لذلك كانت خاضعة على الأرجح لنفس القوانين الطبيعية ؛ وقد دعا هذا إلى التساؤل عما يمنع خضوع الذرات الخاصة التي تتكون منها أجسامنا

وعقولنا لقوانين السببية أيضا . ثم بدأ العلماء يتصورون أن الحياة لا بد أن تسفر في النهاية عن أنها في طبيعتها آلية محضة ، ولم يكتفوا بالتخيل والظن بل تعدواهما إلى الدفاع عن آرائهم دفاع المستيقنين ، وقالوا : إن عقلا مثل عقول نيوتن أو باخ^(١) أو ميكال انجلو^(٢) لا يختلف عن مطبعة أو صفارة أو منشار بخارى إلا في تعيقده ، وإن كل ما عمله هذه العقول هو أن تستجيب بدقة للمؤثرات التي تستقبلها من الخارج ، ولما كانت هذه العقيدة لم تترك مجالا لعمل الاختيار والإرادة الحرة ، فقد قضت على جميع أسس الأخلاق ، فزيد^(٣) لم يرد أن يكون مختلفا عن عمرو^(٤) بل إنه لا يستطيع إلا أن يكون مختلفا عنه ، وقد نشأ الاختلاف بينهما عن اختلاف في المؤثرات الخارجية التي تعمل عملها في كل منهما .

وما كاد ينقضي هذا القرن حتى شوهد انقلاب كبير في التفكير العلمى ، واتخذ هذا التفكير صورا يختلف بعضها عن بعض كل الاختلاف — ذلك أن العلماء القدامى لم يكونوا يستطيعون أن يدرسوا المادة إلا إذا كانت ذات مقادير كبيرة ، تحس بها الحواس المجردة ، فكانت أصغر قطعة من المادة أجروا عليها التجارب تحتوى على ملايين الملايين من الجزيئات ، ومن شأن القطع التي في مثل هذا الحجم أن تسلك من غير شك مسلكا آليا ، ولكن هذا لا يعنى حتما أن الجزيئات المنفردة تسلك نفس هذا المسلك ، وليس يجهل أحد ما بين سلوك الجماعة وسلوك أفرادها من فرق شاسع . أما في أواخر القرن التاسع عشر فقد أصبح من الميسور لأول مرة أن يدرس سلوك جزيئات منفردة أو ذرات أو كهارب ، وقبل أن يمضى

(١) (٤٣) في الأمل : Saul and Paul ويقصد

Michel Angelo (٢)

Bach (١)

بما أى شخصين .

هذا القرن كشف العلم أن ظواهر معينة كالإشعاع والجاذبية بصفة خاصة قد هزأت بكل ما بذل من محاولات لتفسيرها تفسيراً آلياً محضاً . وبينما كان الفلاسفة لا يزالون يجادلون في إمكان اصطناع آلة تعيد أفكار نيوتن أو عواطف باخ أو إلهام ميكل أنجلو ، كان رجل العلم العادي آخذاً في الاقتناع السريع بأنه لا يمكن اصطناع آلة تعيد ضوء الشمعة أو سقوط التفاحة . ثم حدث في الأشهر الأخيرة من القرن التاسع عشر أن وضع الأستاذ ماكس بلانك ^(١) من مدينة برلين شرحاً مقروناً بالتجربة لبعض ظواهر الإشعاع التي كانت حتى ذلك الوقت مستعصية عن كل تفسير . ولم يكن هذا الشرح في طبيعته غير ميكانيكي فحسب ، بل اتضح أنه من المستحيل أن يتصل بأية ناحية من نواحي التفكير الميكانيكي . ولهذا السبب بنوع خاص تعرض ذلك الشرح للنقد والهجوم بل للاستهزاء أيضاً ، ولكنه نجح بعد ذلك نجاحاً باهراً ، ونشأت منه في آخر الأمر " نظرية الكم " الجديدة ، وهي أحد القوانين الكبرى التي تسيطر على عالم الطبيعة الحديث . وكان هذا إيذاناً بانقضاء العصر الآلي في العلم وبشيراً بافتتاح عصر جديد ، وإن لم يتضح هذا وقتئذ .

ولا تكاد نظرية بلانك في شكلها الأول تخرج عن مجرد افتراض أن الطبيعة تسير في قفزات واهتزازات صغيرة كما تسير عقارب الساعة ، غير أن الساعة في طبيعتها النهائية آلية صرفة وإن كانت لا تسير سيرا مستمرا ، وهي لا تحيد قط عن قانون السببية . وقد أظهر أينشتاين ^(٢) في عام ١٩١٧ أن النظرية التي وضعها بلانك تظهر في أول نظرة على الأقل أنها تنطوي على نتائج

أبعد أثرا من فكرة عدم الاتصال ، وظهر أنها ستقص مما كان لقانون السببية من الشأن في توجيه العالم الطبيعي في مجراه . لقد كان العلم القديم يقرر تقرير الواصل أن الطبيعة لا تستطيع أن تسلك إلا طريقا واحدا ، وهو الطريق الذى رسم من قبل لتسير فيه من بداية الزمن إلى نهايته ، فى تسلسل مستمر بين علة ومعلول ، وألا مناص من أن الحالة (أ) تتبعها الحالة (ب) ، أما العلم الحديث فكل ما يستطيع أن يقوله حتى الآن هو أن الحالة (أ) يحتمل أن تتبعها الحالة (ب) أو (ج) أو (د) أو غيرها من الحالات الأخرى التى يخطؤها الحصر . نعم إن فى استطاعته أن يقول إن حدوث الحالة (ب) أكثر احتمالا من حدوث الحالة (ج) ، وإن الحالة (ج) أكثر احتمالا من الحالة (د) وهكذا ، بل إن فى مقدوره أن يحدد درجة احتمال كل حالة من الحالات (ب) و (ج) و (د) ، بعضها بالنسبة إلى بعض ، ولكنه لا يستطيع أن يتنبأ عن يقين أى الحالات تتبع الأخرى ، لأنه إنما يتحدث دائما عما يحتمل ، أما ما يجب أن يحدث فأمره موكول إلى الأقدار ، مهما تكن حقيقة هذه الأقدار .

ولنضرب لذلك مثلا ماديا يزيد وضوحا : من المعروف أن ذرات الراديوم وغيره من المواد ذات النشاط الإشعاعى تتفكك بمجرد مرور الزمن عليها ، وتختلف وراءها ذرات من الرصاص والهلوم ، ولهذا فإن كلمة من الراديوم ينقص حجمها باستمرار ، ويحل مكانها رصاص وهليوم . والقانون العام الذى يتحكم فى معدل التناقص غريب غاية الغرابة ، ذلك أن كمية من الراديوم تنقص بنفس الطريقة التى ينقص بها عدد من السكان إذا لم تجد عليهم مواليد وكانت نسبة تعرض كل منهم للوفاة واحدة بغض النظر عن السن ،

أو أنها تنقص كما ينقص عدد أفراد كتية من الجند معرضين لنيران ترسل عليهم اعتباطا ، ومن غير أن يكون أحدهم مقصودا لذاته . ومجمل القول أنه ليس لكبر السن أثر ما في ذرة الراديوم الواحدة ، فانها لا تموت لأنها قد استوفت حظها من الحياة ، بل لأن المنية قد أصابتها خبط عشواء .

ولنوضح هذه الحقيقة بمثل مادي فنقول : إذا فرض أن بحجرتنا ألفين من ذرات الراديوم ، فإن العلم لا يستطيع أن يقول كم منها يبقى حيا بعد عام ، بل كل ما يستطيعه هو أن يذكر فقط الاحتمالات التي ترجح بقاء ٢٠٠٠ أو ١٩٩٩ أو ١٩٩٨ وهكذا ، وأكثر الأمور احتمالا في الواقع هو أن يكون العدد ١٩٩٩ ، أي أن أرجح الاحتمالات هو أن ذرة واحدة لا أكثر من الألفي ذرة ، هي التي تتحلل في العام التالي .

ولسنا ندري بأية طريقة تُختار تلك الذرة المعينة من بين هذه الألفي ذرة ؛ وقد نشعر في بادئ الأمر بميل إلى افتراض أن هذه الذرة ستكون هي التي تتعرض للاضطدام أكثر من غيرها ، أو التي تقع في أشد الأمكنة حرارة ، أو التي يصادفها غير هذا أو ذاك من الأسباب في العام التالي . ولكن هذا كله غير صحيح لأنه إذا كان في استطاعة الصدمات أو الحرارة أن تفكك ذرة واحدة فإن في استطاعتها أيضا أن تفكك الـ ١٩٩٩ ذرة الباقية ، ويكون في استطاعتنا أن نعجل بتفكيك الراديوم بمجرد ضغطه أو تسخينه ، ولكن كل عالم من علماء الطبيعة يقرر أن ذلك مستحيل ، بل هو يعتقد على الأرجح أن الموت يصيب في كل عام ذرة واحدة من كل ٢٠٠٠ من ذرات

الراديو ، ويضطررها إلى أن تتفكك ، وهذه هي نظرية "التفكك التلقائي" التي وضعها رودرفورد^(١) وسدي^(٢) في عام ١٩٠٣ .

وقد يعيد التاريخ نفسه بطبيعة الحال ، فنجد مرة أخرى بعد أن يتقدم بنا العلم أن ليس هذا الشذوذ الظاهري في أمور الطبيعة إلا نتيجة لازمة لفعل قانون العلة والمعلول ، وأنا إذ نقول في حياتنا العادية إن هذا أو ذاك محتمل لا ندل بذلك القول إلا على أن معلوماتنا ناقصة ، فقد نقول يحتمل أن تمطر السماء في الغد ، على حين أن خيرا في الظواهر الجوية ، إذا عرف أن انخفاضها عميقا ينحدر نحو الشرق آتيا من ناحية المحيط الأطلنطي ، نستطيع أن يؤكد أن الجو سيكون رطبا^(٣) . وقد نتحدث عما يرجح لجوادر من الكسب أو الخسارة في سباق ، وصاحبه يعلم أن ساقه مكسورة ، كذلك قد يكون التجاء علم الطبيعة الحديث إلى الأخذ بالاحتمالات مجرد ستار يغطي به جهاه بحقيقة النظام الذي تسير عليه الطبيعة .

رلند كر مثلا يوضح كيف يحدث ذلك : في أوائل القرن الحالى كشف ماك لينان^(٤) ورودرفورد وغيرهما في جو الأرض نوعا جديدا من الإشعاع يمتاز بقدرته الكبيرة الفائقة على اختراق المادة الصلبة . ذلك أن الضوء المعتاد لا يخترق من المادة المعتمة أكثر من جزء صغير من البوصة ، ولذلك نستطيع أن نحجب وجوهنا عن أشعة الشمس بقطعة من الورق أو بحاجز معدنى أرق منها ، وللاشعة السينية قدرة أكبر على النفاذ في الأجسام

F Soddy (٢)

Lord Rutherford (١)

J. C. McLennan (٤)

(٣) يقصد المؤلف هنا بطبيعة الحال الجزائر البريطانية

المعتمدة ، لأنها تستطيع أن تمر خلال أيدينا أو أجسامنا كلها فتتمكن الجراح من أن يصور بها عظامنا ، ومع ذلك فإن قطعة من المعدن في سمك النقود تسد عليها طريقها ، أما الأشعة التي كشف عنها ماك لينان وروذرفورد فتستطيع أن تخترق عدة ياردات من الرصاص أو غيره من المعادن الكثيفة .

ونعلم الآن أن جزءا كبيرا من هذا الإشعاع الذي اصطلح على تسميته "الأشعة الكونية" منشؤه في الفضاء الخارجي ، وأنه يصل إلى الأرض بمقادير كبيرة ، وأن قدرته على التحطيم هائلة ، فهو يحطم في كل ثانية ما يقرب من عشرين ذرة في كل بوصة مكعبة من الهواء الجوى ، ويحطم ملايين الذرات في كل جسم من أجسامنا . ويرى بعضهم أن هذا الإشعاع ، عند ما يقع على المادة الحية الجرثومية ، قد يحدث تلك التغيرات الحيوية العنيفة التي تتطلبها نظرية التطور الحديثة ، وقد تكون هذه الأشعة الكونية إذن هي التي حولت القرد إلى إنسان !

وكذلك زعموا في وقت من الأوقات أن سقوط الأشعة الكونية على الذرات ذات النشاط الإشعاعي قد يكون سبب تفككها ، وكانوا يقولون إن تلك الأشعة تقع كما يقع القدر ، تصيب آنا إحدى الذرات وآنا تصيب ذرة أخرى ، وإن الذرات تتساقط أمامها كما تتساقط الجنود أمام نيران تطلق عليهم اعتبارا . وقد شرحنا من قبل القانون الذي يتحكم في معدل فنائها ، غير أنه قد تحقق خطأ هذا الزعم بطريقة سهلة بسيطة ، فقد نقلت مادة ذات نشاط إشعاعي إلى قاع منجم فحم ، فنجبت بذلك

حجبا تاما عن الأشعة الكونية ، ولكنها مع ذلك استمرت تتفكك بنفس المعدل الذى كانت تتفكك به من قبل .

وقد فشلت هذه النظرية ، ولكن لعل كثيرين من علماء الطبيعة لا يزالون يتوقعون أن سيظهر عامل طبيعى آخر يعمل عمل الأقدار فى التفكك الناتج عن النشاط الإشعاعى ، وحينئذ يتضح أن معدل فناء الذرات يتناسب مع قوة هذا العامل ؛ وفى الكون ظواهر أخرى مثل هذه أكثر منها تعقيدا واستعصاء على الحل .

ومن هذه الظواهر تلك الظاهرة المألوفة وهى انبعاث الضوء من المصباح الكهربائى العادى ؛ وأساسها أن سلكا رفيعا ساخنا يتسلم طاقة من مولد كهربائى ثم يخرجها شعاعا ، ففى داخل السلك توجد كهارب ملايين الذرات ، وهى تدوم فى مداراتها وتقفز من وقت لآخر قفزا فجائيا يكاد يكون متقطعا ، من مدار إلى آخر ، وهى فى أثناء ذلك تشع تارة وتمتص الإشعاع تارة أخرى ، وقد قام اينشتين فى عام ١٩١٧ يبحث يمكن وصفه بأنه إحصاء لهذه القفزات . وبعض هذه القفزات ناتج بالطبع عن الإشعاع نفسه وعن حرارة السلك ، ولكن هذا البعض لا يكفى لتعليل جميع الإشعاع الذى ينبعث من السلك ، وقد بين اينشتين أنه لابد من وجود نوع آخر من القفزات ، وأن هذه القفزات لابد أن تحدث من تلقاء نفسها ، كما تتفكك من تلقاء نفسها ذرة الراديوم ، ومعنى هذا بالاختصار أنه لابد لنا من أن نلجأ مرة أخرى إلى فرض وجود القدر ، فإذا قام بدور القدر فى هذه الحال أحد العوامل الطبيعية المألوفة فإن قوته يجب

أن تؤثر في شدة انبعاث الإشعاع من الساك ، ولكن مبلغ علمنا أن شدة الإشعاع موقوفة على ثوابت معروفة في الطبيعة ، لا تختلف في الأرض عنها في أبعد النجوم ، ويلوح أن هذا لا يترك مجالا لأن يتدخل في الأمر أى عامل خارجى .

وفي استطاعتنا أن نرسم صورة ما اطلبيعة هذا التفكك أو القفز التلقائيين بأن نشبه الذرة بجماعة مكونة من أربعة من لاعبي الورق اتفقوا على أن ينفضوا من فورهم إذا اجتمعت في يد كل لاعب مجموعة^(١) كاملة من الورق عند توزيعه عليهم. ويمكن أن نشبه كلمة من مادة ذات نشاط إشعاعى بحجرة تحوى على ملايين من هذه الجماعات وإذن يكون من السهل أن نرى أن عدد الجماعات سينقص طبقا لقانون فناء النشاط الإشعاعى بشرط واحد ، وهو أن تكون أوراق اللعب قد قلبت بين كل دور وآخر تقليبا جيدا ، ذلك أنه إذا أجيد تقليب الأوراق ، فإن مرور الزمن وما مر منه لا يكون لها أى أثر فى لاعبي الورق ، لأن الموقف يبدأ من جديد كلما قلبت الأوراق بعد كل دور من أدوار اللعب ، ولذلك يبقى معدل الفناء فى كل ألف ثابتا ، كما هى الحال فى ذرات الراديوم . وأما إذا أخذت الأوراق كما هى بعد كل دور بدون تقليب فإن كل دور بالضرورة يتأثر بالدور الذى قبله ، وهذا يمثل لنا قانون السببية القديم ، وفى هذه الحال الأخيرة يكون معدل النقص فى عدد اللاعبين مخالفا لما نشاهده فعلا فى حالة التفكك الحادث عن النشاط الإشعاعى . فإذا شئنا أن نستعيد هذا

(١) تتكون المجموعة الكاملة من ١٣ ورقة من نوع واحد .

المعادل الحقيقي وجب أن نفترض أن الورق يقلب باستمرار ، وأن الذى يقوم بعملية التقلب هو ما نسميه القدر .

ومع أننا لانزال بعيدين عن القول الفصل فى هذا الموضوع فقد يخيّل إلينا أن شمة عاملا من العوامل لم نجد له بعد اسما خيرا من القدر ، يعمل فى الطبيعة ليمحو أثر قانون السببية القديم الصارم ، وقد لا يكون المستقبل كما تعودنا أن ننظر إليه قد حدده الماضى تحديدا غير قابل للتغيير ، بل إنه قد يكون إلى حد ما على الأقل متروكا لتصرف الأقدار ، مهما تكن هذه الأقدار .

وهناك اعتبارات أخرى توجه أفكارنا فى هذا الاتجاه نفسه . مثال ذلك أن الأستاذ هايزنبرج^(١) أوضح أن ما تصوره نظرية الكم الحديثة ينطوى على ما يسميه هو " قاعدة عدم قابلية التحديد " ، ولقد ظلمنا من قبله زمنا طويلا نعتقد أن أعمال الطبيعة هى غاية ما يمكن الوصول إليه من الدقة والإحكام ، ومع أننا نعلم أن الآلات التى يصطنعها الإنسان بعيدة عن الدقة والكمال ، فقد كنا نصر على الاعتقاد بأن أعمال الذرة الداخلية هى المثل الأعلى للدقة والإحكام ، ثم جاء هايزنبرج فأوضح الآن أن أكثر ما تتمقته الطبيعة هو الدقة والإحكام .

نقد كان من نظريات العلم القديم أن فى الإمكان تعيين حالة أى جسم ، كأحد الكهارب مثلا ، تعيينا دقيقا إذا عرفنا موضعه وسرعة حركته فى الفضاء

في لحظة معينة . وهذه المعلومات ، مضافة إلى ما عسى أن يكون هناك من قوى خارجية ، تؤثر في تعيين مستقبله كله ، فاذا عرفت هذه المعلومات عن كل جسيمات الكون أمكن التنبؤ بمستقبله كاملا .

أما العلم الحديث ، كما يفسره هايزنبرج ، فانه يؤكد أن طبيعة الأشياء لا تمكننا من الحصول على معلومات عنها ، فاذا عرفنا أن كهربا في موضع معين من الفضاء لم نستطع مع ذلك أن نحدد بالضبط السرعة التي يتحرك بها ، ذلك أن الطبيعة تبيح وجود "حد للخطأ" معين ، فإذا حاولنا أن نتجاوز هذا الحد لم تساعدنا الطبيعة على ذلك أقل مساعدة لأنها في الظاهر لا تعرف شيئا من القياسات المضبوطة المحكمة . وكذلك إذا عرفنا سرعة حركة الكهرب الحقيقية فان الطبيعة لا تسمح لنا بأن نتعرف موضعه في الفضاء بالضبط . فكأن موضع الكهرباء وحركته قد رسميا على وجهي إحدى رقائق الفانوس السحري ، فاذا وضعنا الرقيقة في فانوس غير محكم أمكننا أن نركز الضوء في منتصف المسافة بين الوجهين ، وأن نرى كلا من موضع الكهرباء وحركته واضحا إلى حد ما ، ولا نستطيع أن نفعل ذلك إذا استخدمنا فانوسا دقيقا ، ذلك بأننا كلما زدنا في تركيز الضوء على إحدى الصورتين ، ازدادت الأخرى اضطرابا والتباسا .

فالفانوس غير الدقيق هو العلم القديم الذي أوهمنا أن مجرد حصولنا على فانوس دقيق يكفي لأن نحدد موضع جسيم وحركته في لحظة معينة تحديدا دقيقا غاية الدقة ، ولقد كان هذا الوهم هو الذي أدخل الجبرية في العلم ، والآن وقد صار لدينا الفانوس الدقيق المضبوط ، وهو العلم

الجديد ، ظهر لنا أن الموضع والحركة يقع كل منهما في مستوى للحقيقة مختلف عن مستوى الآخر ، وأنهما لا يمكن أن يظهرأ واضحين معا في وقت واحد ، وبهذا ينهار الأساس الذي ارتكزت عليه قاعدة الجبرية القديمة .

أو كأن الكون قد تراخت أوصاله ، وأصاب تركيبه الآلى شيء من "التخلخل" الذي نراه في آلة بالية . غير أن هذا التشبيه مضلل إذا فهم منه أن الكون قد أصبح بطريقة قبا باليا أو ناقصا ، ذلك أن "التخلخل" أو "تراخي الأوصال" في الآلة القديمة أو البالية يختلف مقداره باختلاف مواضعه ، أما في العالم الطبيعي فإن هذا المقدار يقاس بذلك الكم الغامض الذي يطلق عليه "ثابت بلانك" ^(١) ، والذي لا يتغير مطلقا في الكون كله ، ويمكن قياس مقداره في المعمل وفي النجوم بطرق لا تحصى ، وهو في جميع الأحوال واحد بالضبط . ومهما يكن شكل "تراخي الأوصال" المذكور فإن وجوده منتشرا في جميع أنحاء الكون ما يقضى على مذهب السببية الدقيق الصارم الذي ينطبق على الآلات كل الانطباق .

وهذا اللبس الذي لفت النظر اليه هايزنبرج شخصى في طبيعته من بعض الوجوه دون بعضها ، فإذا كنا لا نستطيع أن نحدد مكان الكهرب أو سرعته بدقة تامة فإن هذا العجز يرجع بعضه إلى عدم الدقة في الأجهزة التي نستخدمها ، كما لا يستطيع إنسان أن يزن نفسه بدقة تامة إذا لم يكن لديه أوزان أقل من الرطل . ولما كانت أصغر وحدة يعرفها العلم هي الكهرباء لم يكن في متناول يد العالم الطبيعي وحدات أصغر منه . على أن السبب المباشر للمشكلة

لا يرجع في الحقيقة إلى مقدار هذه الوحدة المعين ، بقدر ما يرجع إلى تلك الوحدة الغريبة التي أدخلتها " نظرية الكم " لبلانك — ذلك بأن هذه الوحدة تقيس سعة " القفزات " التي تتحرك بها الطبيعة ، وما دامت هذه القفزات ذات سعة معينة محدودة فإن من الصعب الحصول على قياسات دقيقة ، كما أن من الصعب على إنسان أن يزن نفسه وزنا دقيقا بميزان لا يتحرك دليله إلا بقفزات .

على أن هذا اللبس الشخصي لا علاقة له بمسألتى النشاط الإشعاعي والإشعاع اللتين سبق بحثهما في صفحتي ٢١ و ٢٥ ، كما أنه توجد في الطبيعة مظاهر أخرى كثيرة يخطئها الحصر ، لا يمكن أن تسلك في نظام منسجم إلا إذا أدخلت فيها فكرة عدم قابلية التحديد ، في بعض المواضع وبطريقة تما .

وهذه الاعتبارات وأخرى غيرها سنعود إليها فيما بعد (أنظر صفحتي ٤١ و ١٣٥) قد حلت كثيرين من علماء الطبيعة على أن يفرضوا عدم وجود الجبرية في الحوادث التي يكون للذرات والكهارب منفردة دخل فيها ، وأن الجبرية الظاهرية في الحوادث الكبيرة المقياس ليست في طبيعتها إلا عملا إحصائيا محضاً ، ويصف ديراك ^(١) الموقف فيما يأتي :

"إذا رصدت مجموعة من الذرات ... في حالة معينة ، فالنتيجة لا تكون بوجه عام محددة ، أى أنه إذا أعيدت التجربة عدة مرات في أحوال

متشابهة ، فقد تؤدي إلى نتائج متعددة مختلفة ؛ فإذا أعيدت هذه التجربة مرات كثيرة فإن كل نتيجة معينة تتكرر عددا من المرات يظل محفوظا بنسبة ثابتة إلى عدد مرات التجربة ، وإذن ففى وسع الإنسان أن يقول باحتمال الحصول على هذه النتيجة كلما أجريت التجربة . والنظرية تمكن الإنسان من أن يحسب مقدار هذا الاحتمال ، وقد تكون نسبة الاحتمال فى أحوال خاصة واحدا صحيحا ، وعندئذ تكون نتيجة التجربة مقطوعا بها .

ونستطيع أن نصوغ هذه النتيجة فى عبارة أخرى فنقول : إننا عند ما نعرض للذرات والكهارب وهى فى مجموعات ، فإن قانون المتوسطات الرياضى يحتم التجربة التى عجزت عن إدراكها القوانين الطبيعية .

ونستطيع أن نوضح الفكرة بذكر حالة مماثلة للحالة السابقة فى حياتنا العادية . إننا إذا قذفنا بقطعة من النقود إلى أعلى ، فليس لدينا من العلم ما نستطيع أن نقرر به هل تقع هذه القطعة على وجهها أو على ظهرها ، ولكنا إذا قذفنا بمليون طن من قطع النقود هذه فى الهواء ، فإننا نعلم أن ٥٠٠,٠٠٠ طن منها ستقع على وجهها ، وأن ال ٥٠٠,٠٠٠ طن الأخرى ستقع على ظهرها . وقد تعاد التجربة مرة بعد أخرى ، ولكن النتيجة ستكون واحدة فيها جميعا ، وقد يغرينا هذا بأن نعدّه دليلا على انتظام الطبيعة ، وأن نستنبط أنه أثر لفعل قانون السببية ، مع أنه فى حقيقته ليس إلا أثرا لفعل قوانين المصادفة الرياضية البحتة .

على أن عدد قطع النقود في مليون طن منها لا يعد شيئا إذا قيس بعدد الذرات ، حتى في أصغر قطعة من أية مادة أجري عليها علماء الطبيعة الأولون تجاربهم ، ومن هذا يرى كيف كان من السهل أن يتسلل وهم الجبرية إلى العلم ، إن كانت الجبرية وهما .

وليس لدينا حتى الآن معلومات موثوق بها عن أية مسألة من هذه المسائل . على أن هناك عددا من علماء الطبيعة ، وإن كنت أظن أن هذا العدد آخذ في التناقص بسرعة كبيرة ، يتوقع أن قانون السببية الصارم سيستعيد في نهاية الأمر مكانته القديمة في العالم الطبيعي بطريقة ما ، ولكن الاتجاه الحديث في تقدم العلم لا يقوى مركزهم في ذلك . ومهما يكن من شيء فإن السببية الصارمة ليس لها الآن مكان في صورة الكون التي يعرضها علينا علم الطبيعة الحديث ، وقد نتج من ذلك أن صار في هذه الصورة أكثر مما كان في صورة الكون الآلية القديمة ، متسع للحياة والشعور يقومان فيه مع الصفات الأخرى التي نقرنها عادة بهما مثل الإرادة الحرة والمقدرة على تغيير الكون إلى حد ما بوجودنا فيه ، وذلك في حدود الصورة نفسها . ومبلغ علمنا ، أو مبلغ ما يستطيع العلم الحديث أن يناقض به علمنا ، أن الأقدار المسيطرة على ذرات مخنا قد تكون هي عقولنا نحن ، وقد تكون هذه العقول هي التي تؤثر بوساطة هذه الذرات في حركة أجسامنا ، فتؤثر بذلك في أحوال العالم الذي يحيط بنا . ولم يعد العلم اليوم قادرا على ألا يجيز هذا الاحتمال ، فليس لديه حجج دامغة يرد بها على ما هو متأصل فينا من الاعتقاد بأن لنا إرادة حرة . على أن هذا العلم مع ذلك لا يشير أية إشارة إلى ما قد يكون لعدم وجود السببية أو الجبرية من

معنى ، فإذا كنا نحن والطبيعة بوجه عام لا نستجيب بطريقة فذة للمؤثرات الخارجية ، فما الذى يحدد مجرى الحوادث ؟ فإذا كان ثمة مؤثرا يا كان نوعه ، فإن هذا يلقي بنا فى أحضان الجبرية والعليّة ، وإذا لم يكن ثمة شيء من ذلك ، فكيف يستطيع حادث أن يحدث ؟

وفى رأى أنه ليس من المحتمل أن نصل الى نتائج قاطعة فى هذه المسائل ، إلا إذا فهمنا فهما جيدا طبيعة الزمن الحقيقية خيرا مما نفهمها الآن ، وإن قوانين الطبيعة الأساسية ، بقدر ما نعرفها فى الوقت الحاضر ، لا تقول لنا لم يمر الزمن بلا انقطاع ؟ بل هى مستعدة لأن تميز احتمال بقائه ثابتا لا يتحرك بقدر ما تميز احتمال رجوعه القهقرى ، ذلك أن تقدم الزمن إلى الأمام بلا انقطاع ، وهو جوهر الصلة بين العلة والمعلول ، إنما هو شيء أضيفناه من تجاربنا الخاصة إلى قوانين الطبيعة المحققة ، ولسنا ندرى هل هو متأصل فى طبيعة الزمن وإن كانت نظرية النسبية تهم أن تسم الرأى القائل بتقدم الزمن تقدما مستمرا ، وبوجود الصلة بين العلة والمعلول ، — تهم أن تسم هذا الرأى بميسم الوهم والخداع ، كما سيتضح لنا بعد قليل . وهى تعد الزمن مجرد بعد رابع يضاف إلى أبعاد الفضاء الثلاثة . وإن القول بأن "ما يحدث نتيجة لما سبق أن حدث" قد لا يكون أكثر انطباقا على تتابع أحداث الزمن منه على تتابع أعمدة البرق^(١) .

إن ماهية الزمن وما يكتنفها من غموض هى التى تمنع أفكارنا من التقدم وتقف بها عند حد محدود . وإذا كان الزمن من المسائل الأساسية ،

(١) يشير المؤلف هنا إلى أعمدة البرق على طول الطريق الشمال الكبير (Great North Road) فى إنجلترا وهو معروف للقارئ الانجليزى .

وإذ كان فهمه على حقيقته سيظل أبدا فوق مستوى مداركنا ، فأكبر ظننا أننا سنظل أعجز من أن نقضى برأى حاسم في النزاع الطويل الأمد بين الجبرية والقدرية .

على أن احتمال إلغاء مبدأ الجبرية وقانون السببية من علم الطبيعة يعدّ إلى حد ما من التطورات الحديثة في تاريخ "نظرية الكم" ، فقد كان الغرض الأول من هذه النظرية توضيح ظواهر معينة في الإشعاع ؛ وإذا أردنا أن نفهم هذه المسألة كان علينا أن نرجع بخطواتنا إلى الوراء إلى عهد نيوتن والقرن السابع عشر .

إن أوضح الحقائق المعروفة عن شعاع من الضوء ، أو أوضحها على الأقل لمن ينظر إليها نظرة سطحية ، هي ميله إلى السير في خط مستقيم . فمن الأشياء المعروفة لكل إنسان استقامة حواف حزمة من ضوء الشمس في حجرة معتمة . ولما كان من طبيعة الجسم من المادة ، وهو يتحرك بسرعة ، أن يسير أيضا في خط مستقيم فقد كان من الطبيعي أن ينظر العلماء الأولون إلى الضوء نظرتهم إلى سبل من الجسيمات يقذف من منبع ضوئي ، كما يخرج الخردق من البندقية ، وقد اعتق نيوتن هذا الرأي وزاده دقة وإيضاحا في نظريته المعروفة في الضوء " بنظرية الدقائق " .

غير أن من الأمور المشاهدة المألوفة أن شعاع الضوء لا يسير دائما في خط مستقيم ، فالانعكاس يحوله فجأة ، وهذا ما يحدث له عند ما يسقط على سطح مرآة ، وكذلك يمكن أن يغير طريقه بالانكسار ، كما يحدث عند ما يدخل في ماء ، أو في أي وسط سائل . وهذا الانكسار هو الذي

يجعل مجدافنا يظهر منكسرا عند مدخله في الماء، وهو الذي يجعل النهر يظهر أقل عمقا مما نجده عند ما نخوض فيه . ولقد كانت القوانين التي تنقاد لها هذه الظواهر معروفة جيدا حتى في عصر نيوتن ، فقد كانوا يعرفون في حالة الانعكاس أن زاوية سقوط شعاع الضوء على المرآة هي نفس الزاوية التي يرجع بها الشعاع بعد انعكاسه عنها ، أى أن الضوء يرتد عن المرآة كما ترتد كرة التنس عن أرض ملعب تام الصلابة . كذلك كان معروفا في حالة الانكسار أن جيب زاوية السقوط ذو نسبة ثابتة إلى جيب زاوية الانكسار ، ولذلك نرى نيوتن يجهد نفسه في البرهنة على أن دقائقه الضوئية تتحرك طبقا لهذه القوانين اذا وقعت تحت تأثير بعض قوى معينة على سطحى مرآة أو سائل كاسر للضوء ، وإليك نظرتي ٩٤ و ٩٦ من كتاب "البرنكيپيا" (١) .

نظرية ٩٤

"إذا فصل وسطان كل منهما عن الآخر بفراغ ينتهى من الجانبين بمستويين متوازيين، وكان جسم في أثناء تحركه في هذا الفراغ يجذب أو يدفع عموديا نحو أحد هذين الوسطين ، ولم تكن تحركه أو تعوقه أية قوة أخرى ، وكان الجذب واحدا في كل نقطة على مسافات متساوية من كل من المستويين في اتجاه واحد نحو المستوى — أقول إن هناك نسبة معينة بين جيب زاوية السقوط على أحد المستويين وجيب زاوية الخروج من المستوى الآخر".

(١) ألف نيوتن كتابه المسمى (Principia) باللغة اللاتينية وقد ضمنه لأول مرة قوانين الحركة كما هي في شكلها الحاضر ، ومباحث طبيعية أخرى .

نظرية ٩٦

”إذا فرضت هذه الأشياء نفسها، وكانت السرعة قبل السقوط أكبر منه
بعده — أقول إذا أميل خط السقوط باستمرار، فإن الجسم ينعكس آخر
الأمر، وتكون زاوية الانعكاس مساوية لزاوية السقوط“.

وقد لاقت نظرية الدقائق لنيوتن حتفها حين تحقق أنه إذا سقط شعاع
ضوئي على سطح الماء لا ينكسر منه إلا بعضه ثم ينعكس ما بقي منه،
وهذا الجزء الأخير هو الذي يحدث ما نشاهده من انعكاس الأجسام
في البحيرة، أو انعكاس مويجات ضوء القمر على سطح ماء البحر. وقد
اعترض على نظرية نيوتن بأنها لا تستطيع أن تغل هذا الانعكاس، لأنه
لو كان الضوء يتكون من دقائق لوجب أن يكون عمل القوى التي على
سطح الماء في هذه الدقائق كلها واحدا، فإذا انكسرت دقيقة واحدة وجب
أن تنكسر الدقائق كلها، ومعنى هذا ألا تكون للماء أية مقدرة على أن يعكس
صورة الشمس أو القمر أو النجوم. وقد حاول نيوتن أن يواجه هذا
الاعتراض، فعزا إلى سطح الماء ”أطوار نفاذ وانعكاس متعاقبة“،
فالدقيقة التي تقع على السطح في لحظة معينة يسمح لها بالنفاذ فيه، لكن
الباب يغلق وراءها في اللحظة التالية، ويمنع رفيقتها من الدخول فيحدث
الضوء المنعكس. وقد كانت هذه الفكرة سابقة ”لنظرية الكم“ الحديثة
ومشابهة لها بشكل يدعو إلى الدهشة والاستغراب، لأنها ألغت فكرة انتظام
الطبيعة وأحلت نظرية الاحتمالات محل نظرية الجبرية، غير أنها عجزت
عن أن تقيم الدليل المقنع في ذلك الوقت.

ومهما يكن من أمر هذا الاعتراض فقد واجهت نظرية الدقائق صعوبات أخرى أشد خطرا من هذه الصعوبة الأولى. ذلك أن الضوء إذا درس دراسة مفصلة دقيقة، تبين أنه لا يسير في خطوط مستقيمة كل الاستقامة تشعرنا بأن الجسيمات تتحرك، فكل جسم كبير كالمنزل أو الجبل يلقي ظلا محدودا يتقى به وهج الشمس كما يتقى به وابل الرصاص. ولكن الجسم الصغير، كالسلك الرفيع جدا أو الشعرة أو الحيط، لا يلقي مثل هذا الظل، فاذا وضعناه أمام حاجز لم يحجب الضوء عن أى جزء منه بل إن الضوء يحاول بطريقة ما أن ينحني حوله، فلا نرى له ظلا محدودا، بل نرى مناطق متعاقبة ومتوازية، مضيئة ومظلمة نسبيا تعرف "بمناطق التداخل". وإلى القارئ مثالا آخر: إن ثقباً كبيراً مستديراً في حاجز يسمح للضوء أن يتفذ منه على شكل بقعة ضوئية مستديرة، ولكنك إذا ضيقت الثقب، حتى صار مثل ثقب أصغر دبوس، ثم استقبل الشكل المتكوّن على حاجز آخر يقع وراء الأول، فانك لا تراه بقعة ضيئة مستديرة من الضوء، بل تراه يتكوّن من حلقات كبيرة متحدة المركز، تتعاقب فيها حلقات مضيئة ومظلمة هي "حلقات الحيود". ويوضح شكل ١ بلوحة ٢ (انظر ص ٤٧) صورة أمكن الحصول عليها، بإمرار حزمة ضوئية خلال ثقب دبوس، واستقبالها على لوح فوتوغرافى، ونرى في هذه الصورة أن جميع الضوء الذى يقع خارج دائرة الثقب قد انحنى بطريقة ما حول حافة الثقب نفسه.

وقد رأى نيوتن في هذه الظواهر دليلاً على أن "دقائقه الضوئية" قد جذبتها مادة ضلية فقد كتب في ذلك يقول:

”إن أشعة الضوء التي في هوائنا عند مرورها بقرب زوايا الأجسام ، الشاف منها والمعتم ، (كالحواف المستديرة أو المستطيلة للنقود أو السكاكين أو القطع المتكسرة من الحجر أو الزجاج) تنحني حول هذه الأجسام ، كأنما هي منجذبة إليها . وأشد الأشعة انحناء أقربها في أثناء سيرها إلى هذه الأجسام ، كأنما هي أكثر انجذابا إليها .“

وفي هذا أيضا استعجل نيوتن علم هذا العصر الحاضر قبل مجيئه استعجالا يدعو إلى الدهشة - ذلك أن هذه القوى التي افترضها تشابه كل الشبه ”القوى الكمية“ في نظرية الميكانيكا الموجية . غير أن هذه القوى قد عجزت عن أن توضح ظاهرة ”الحيود“ توضحا مفصلا ، ولذلك لم تلق قبولا .

وقد فسرت هذه الظواهر وغيرها على مر الزمن تفسيراً مرضياً ، فقد فرض أن الضوء يتكون من موجات ، تكاد تشبه الموجات التي تثيرها الريح في البحر ، مع فارق واحد وهو أنه عوضاً عن أن يكون طول كل موجة عدة ياردات ، فإن آلافاً كثيرة من هذه الموجات مجتمعة لا يزيد طولها على بوصة واحدة . وموجات الضوء تنحني حول الحاجز الصغير ، كما تنحني موجات البحر حول صخر صغير سواء بسواء ، والحاجز الصغير الذي يبلغ طوله عدة أميال يكاد يبق من أمواج البحر كل الوقاية ، على حين أن الصخر الصغير لا يفيد في هذه الوقاية ، لأن الأمواج تمر حوله من كلا جانبيه ثم تلتقي خلفه كما تلتقي موجات الضوء خلف الشعرة أو الحيط الضئيلين ، وكذلك لا تسير أمواج البحر التي تصطدم بمدخل الميناء في خط مستقيم إلى داخله ، ولكنها تنحني حول حافات حاجز الأمواج ويضطرب لها سطح الماء كله في الميناء .

ويبين شكل ١ بلوحة ٢ (انظر ص ٤٧) ” التجمد “ الحادث وراء ثقب دبوس ، والذي أحدثته موجات ضوئية انحنّت حول حافات الثقب كما تتحنّى أمواج البحر حول حاجز الأمواج . والخلاصة أن القرن السابع عشر كان يعدّ الضوء وابلا من الجسيمات ، فلما عرف في القرن الثامن عشر أن هذا الرأي لم يعلل تعليلا مقبولا بعض الظواهر الصغيرة المقياس كالتى وصفناها الآن ، استبدلت بفكرة وابل الجسيمات فكرة قُطْر الموجات .

غير أن هذا الاستبدال قد جاءت معه صغابه الخاصة به ؛ ذلك أنه إذا أمرّ ضوء الشمس في منشور ، تحلل إلى ” طيف “ من الألوان ، كألوان قوس قزح ، هى : الأحمر — البرتقالى — الأصفر — الأخضر — الأزرق — النيلي — البنفسجى . فإذا كان الضوء يتكوّن من أمواج كأموّاج البحر ، كانت لا بد أن توجد كل الأضواء الناتجة من تحليل ضوء الشمس في الطرف الأقصى من اللون البنفسجى في الطيف . يضاف إلى هذا أن لموجات اللون البنفسجى القصوى قدرة غير محدودة على امتصاص الطاقة ، واذ كانت هذه الأمواج على الدوام ظمأى لابتلاعها ، فقد كان لا بد أن تتحوّل كل طاقة الكون بسرعة إلى إشعاعات بنفسجية أو ما بعد البنفسجية ، ثم تنبعث في الفضاء .

وقد ظهرت ” نظرية الكم “ في الوجود لتحاول إصلاح ما في النظرية الموجية للضوء من عيوب ، فنجحت في ذلك كل النجاح ، وأثبتت أن نيوتن لم يكن مخطئا كل الخطأ عند ما قال بأن الضوء دقائق ، لأنها برهنت على أن حزمة الضوء يمكن أن تعدّ وحدات منفصلة قائمة بذاتها

تسمى "كـام الضوء" (١) أو "فوتونات" شأنها في ذلك الا انفصال شأن رذاذ مطرة ، أو قطع في وابل من الرصاص ، أو جزيئات الغاز .

على أن الضوء مع ذلك لا يفقد طبيعته الموجية ، فلكل حزمة صغيرة منه مقدار معين من الطول يرتبط بها ، ونحن نسمى هذا المقدار المعين "الطول الموجي" . فاذا أمر هذا الضوء الذي نتحدث عنه في منشور فانه يسلك كما تسلك بالضبط أمواج لها هذا الطول المعين . ويتكوّن الضوء ذو الأمواج الكبيرة الطول من حزم صغيرة والعكس صحيح . ويتناسب مقدار الطاقة في كل حزمة من الضوء تناسباً عكسياً مع الطول الموجي ، ولذلك نستطيع دائماً أن نحسب طاقة الفوتون من طول موجته ، والعكس صحيح كذلك .

وليس في استطاعتنا أن نسرّد الحقائق الكثيرة التي تقوم عليها هذه الآراء حتى لو اقتصرنا على مجرد التلخيص ، وحسبنا أن نقول إنها كلها تشير إلى أن الضوء يسير داخل أجهزة المعمل على شكل ضوءات غير منقسمة ، ولم تكشف بعد تجربة من التجارب عن وجود كسر من "كم الضوء" أو "الضوءة" ولا هي تشير إلى أي سبب يدعو حتى إلى الظن بوجوده ، ولنضرب لذلك مثلين يعدّان نموذجاً لما يمكن إيرادها من الأمثلة .

إن الإشعاع إذا حاطته ظروف مناسبة ، يستطيع أن يمزق الذرات التي يقع عليها ، ويمكن الاستعانة بدراسة الذرات الممزقة على معرفة مقدار

(١) اخترنا كلمة "كـام" جمعاً لكلمة "كم" بمعنى مقدار لأننا لم نعر على جمع لها .

الطاقة التي أطلقت على كل منها فمزقتها . وقد ظهر على الدوام أن هذه الطاقة تساوى بالضبط طاقة كيم كامل من الضوء ، كما تبين ذلك من احتساب طول موجته المعروف ، فكأن جيشا من الضوء قد اصطدم بجيش من المادة . ولقد كان معروفا منذ زمن طويل أن الجيش الثانى يتكون من جنود منفردين ، هم الذرات ، ويظهر الآن أن الجيش الأول يتكون أيضا من جنود منفردين ، هم الضوءات ، وقد ثبت من دراسة ميدان القتال أن الحرب كانت معارك ينازل فيها القرن قرنه على انفراد

وهالك مثلا آخر: لقد قام حديثا الأستاذ كومبتون^(١) من مدينة شيكاغو بدراسة ما يحدث عندما تقع أشعة سينية على الكهارب ، فوجد أن الأشعة تتفرق كأنها تتكون من جسيمات مادية من الضوء ، أى ضوءات ، تتحرك على هيئة وحدات منفصلة ، مستقلة بعضها عن بعض ، وهى تشبه فى هذه الحالة الرصاصات المتساقطة فى ميدان القتال ، فتصيب كل الكهارب التى تعترض طريقها . ويمكن احتساب مقدار طاقة الضوءات من مدى انحرافها عن طريقها على أثر هذه المصادمات ، وقد وجد مرة أخرى أن مقدار هذه الطاقة يتفق تماما مع المقدار المحسوب من طول موجتها .

وهذه الفكرة — فكرة الكم أو الجزء الذى لا يتجزأ من الضوء — ترجع بنا الى فكرة عدم قابلية التحديد . ذلك أنه توجد طرق مختلفة لتجزىء حزمة ضوئية الى جزئين يسيران فى طريقين مختلفين ، فإذا أنقصت حزمة الضوء حتى صارت كما واحدا ، وجب أن تتبع أحد الطريقين ، إذ أنها لا تستطيع أن تتوزع

بينهما ، لأن الضوء لا تتجزأ ، واختيارها لأحد الطريقتين مسألة احتمالية وليست حتمية .

ولذلك يلوح أن ما كان يقال في القرن السابع عشر من أن الضوء مجرد جسيمات ، وما كان يقال في القرن الثامن عشر من أن الضوء مجرد موجات — يلوح أن كليهما كان خطأ ، أو إن شئت فقل إن كليهما كان صوابا ، ذلك أن الضوء وجميع أنواع الإشعاع هو من غير شك عبارة عن جسيمات وأمواج في وقت واحد . ففي تجارب الأستاذ كومبتون أسقط الإشعاع السيني على كهارب منفردة ، فسلك كما يسلك وابل من الجسيمات المنفردة ، وفي تجارب لاو^(١) وبراج وغيرهما^(٢) أسقط مثل هذا الإشعاع بالضبط على بلورة جامدة ، فسلك في جميع الحالات مسلك الموجات المتعاقبة ، وهذا ما يقع بالضبط في الطبيعة كلها ، فإن الإشعاع الواحد قد يتخذ لنفسه شكل جسيم وموجة في وقت واحد ، فهو تارة يسلك مسلك الجسيمات ، وتارة يسلك مسلك الموجات ، ولم تعرف بعد قاعدة عامة يستدل منها مقدما أى المسلكين سوف يختاره الإشعاع في أية حالة خاصة .

وواضح أننا لا نستطيع أن نستبقى اعتقادنا في انتظام الطبيعة إلا إذا افترضنا أن الجسيمات والأمواج في جوهرها شيء واحد . وهذا ينتقل بنا إلى النصف الثانى من قضيتنا ، وهو أكثر النصفين إثارة للنفس . فالنصف الأول الذى اتهمنا من سرده الآن هو أن الإشعاع يظهر تارة على هيئة موجات وتارة أخرى على هيئة جسيمات ، أما النصف الآخر من القصة فهو أن

الكهارب والبروتونات، وهى الوحدات الأساسية التى تتكون منها المادة، (انظر ص ٦٠) تظهر كذلك فى شكل جسيمات حيناً، وعلى هيئة موجات حيناً آخر، فقد كشفت الطبيعة الثنائية للكهارب والبروتونات حديثاً، وهى تشبه تلك التى سبق أن عرف وجودها فى طبيعة الإشعاع، أى أنها تبدو فى شكل جسيمات وموجات معا .

ولما تحت نظرية الدقائق التى وضعها نيوتن فى طبيعة الضوء عن مكانها للنظرية الموجية، صار من الضرورى أن يفسر كيف تستطيع موجات متعاقبة أن تسلك مسلك واحد من الجسيمات، فتسير فى خط مستقيم، إلا إذا انحرفت عن مجراها بسبب انعكاس أو انكسار؛ ذلك أنه إذا كانت أشعة الشمس التى تمر خلال ثلمة فى مصراع نافذة تتكون من موجات، فطبعى أن نتوقع انتشارها فى جميع أنحاء الغرفة، كما ينتشر التموج فوق سطح بركة بأكمله، أو كما تنتشر حزمة رفيعة جداً من الضوء، بعد أن تنفذ خلال ثقب دبوس، كما فى شكل ١ بلوحة ٢ (انظر ص ٤٧) غير أن ينجم (١) وفرز نيل (٢) أثبتا أن الموجات المتعاقبة غير المضطربة ذات العرض الكافى يمكن أن تتحرك على هيئة حزمة، بدون أن يحدث انتشار جانبى محسوس، فكأنها فى حركتها هذه وابل من الجسيمات تتحرك من غير غائق يعوقها، وأنها تنعكس عن مرآة بنفس الطريقة التى ترتد بها قذيفة عن سطح تام الصلابة. كذلك ثبت أن مثل هذه المجموعات من الموجات تنكسر طبقاً لقوانين انكسار الضوء المعروفة، وتبين أخيراً أنه

إذا تحركت مجموعة من مثل هذه المجموعات في وسط تتغير قوة كسره للضوء باستمرار ، فإن مسارها يكون مشابها لمسار جسم اضطر إلى أن ينحرف عن طريق مستقيم بسبب قوى تؤثر فيه باستمرار . وفي الحقيقة أن هذين المسارين يمكن أن يصبحا مسارا واحدا ، يجعل القوة في كل نقطة متناسبة مع تغير مربع معامل الانكسار ، وهذا يعلل نجاح نظرتي نيوتن المرقومتين ٩٤ و ٩٦ واللتين أثبتناهما في صفحتي ٣٦ و ٣٥

ومن هذا يرى أن كل ما تستطيع أن تقوم به جسيمات نظرية الدقائق التي وضعها نيوتن لشرح طبيعة الضوء ، تستطيع أن تقوم به موجات متعاقبة ، بل إن هذه تستطيع أن تقوم بأكثر من هذا بسبب تعقدها الشديد . وفي كل حالة يتضح فيها فشل الجسيمات في أن تظهر بمظهر الضوء وجد أن اعتبارها مجموعة من الموجات يمكن أن يؤدي هذه المهمة على الوجه الأكمل . وهكذا استحالت جسيمات نيوتن المفروضة إلى مجموعات من الموجات .

ولقد شهدت السنوات القلائل الماضية الجسيمات التي تتكون منها المادة العادية ، أي البروتونات والالكترونات ، تتحول إلى مجموعات من الموجات بمثل هذه الطريقة السابقة ، ووجد في كثير من الأحوال أن سلوك الإلكترون أو البروتون معقد تعقيدا لا يسمح بتفسيره على أنه حركة جسيم لا أكثر ، ولهذا حاول لويس دي برولي^(١) وشرودينجر^(٢) وغيرهما أن يفسروا سلوكه بسلوك مجموعة من الأمواج ، وبهذه

الطريقة أوجدوا فرعاً جديداً من فروع الطبيعيات الرياضية ، صار يعرف الآن باسم ” الميكانيكا الموجية “ .

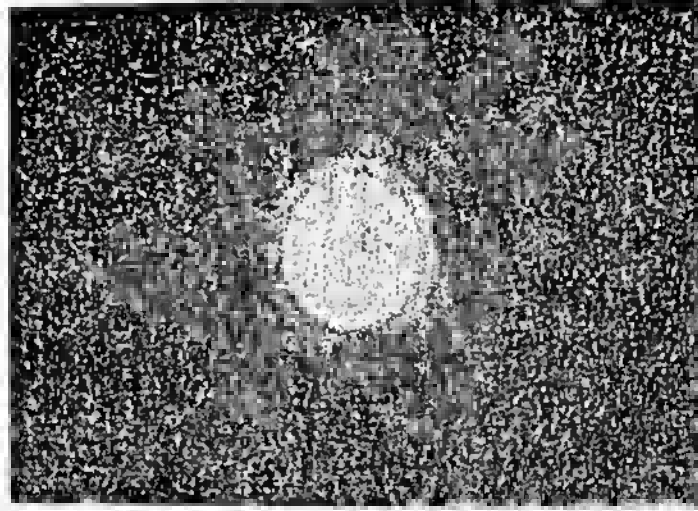
وإذا راقبنا كرة تنس عادية وهى ترتد عن سطح ملعب تام الصلابة ، فإننا نجد أن حركتها هى نفس حركة شعاع من الضوء انعكس عن سطح مرآة ، ولذلك نستطيع أن نقول بحق إن الكرة قد ” انعكست “ عن سطح الملعب ، غير أننا لم نكسب شيئاً كثيراً من هذا الكشف . نعم إن ذلك قد يمكننا من أن نفهم كرة التنس على أنها مجموعة من الموجات إذا أردنا ذلك ، لكن من الأسباب التى تمنعنا من هذا أننا نرى — أو نظن أننا نرى — أن كرة التنس ليست مجموعة من الموجات .

وإذا لم يكن الجسم المتحرك كرة تنس بل كان كهربياً فإن الأمر يختلف عن هذا ، ذلك أنه وجد أن حركة الكهرباء وهو يرتد عن سطح ما تشبه حركة مجموعة من الموجات ، فلا شيء يمنع أن يكون الكهرباء مجموعة من الموجات ، وإذن لا يستطيع أحد أن يقول : ” هذا شيء لا يعينى — أى أستطيع أن أرى الكهرباء ، وواضح أنه ليس مجموعة من الموجات “ هو لا يستطيع أن يقول ذلك ، إذ لم يسبق لأحد أن رأى كهربياً أو كانت له أقل فكرة عن مظهره ، وفى وسعنا أن نعدّ الكهرباء مجموعة من الموجات ، كما عددنا دقائق نيوتن الضوئية مجموعات من الموجات . وإذا شئنا أن نعرف هل الكهرباء مجموعة من الموجات حقاً ، وجب أن نرجع إلى الظواهر التى يسلك فيها جسم جامد ومجموعة من الموجات مسلكين مختلفين .

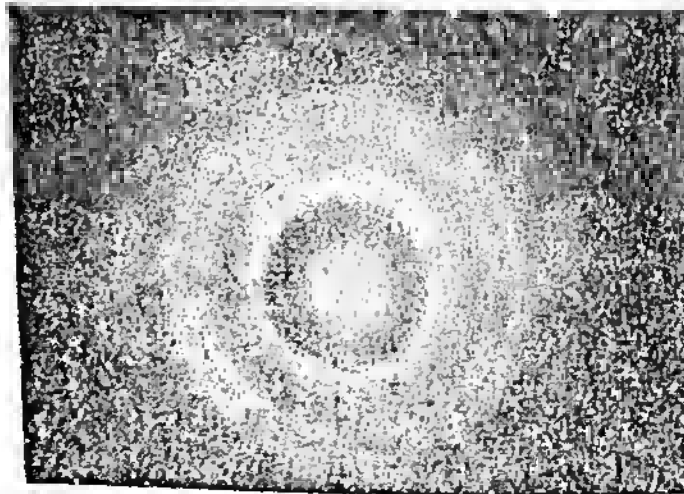
ولقد كانت الظواهر التي لا يسلك فيها الكهرب أبداً المسلك الذي ينتظر أن يسلكه مادماً نعتة جسيماً — كانت هذه الظواهر هي بالضبط مجموعة الظواهر التي نتطلع إليها ، وقد وجد في كل حالة منها أن الكهرباء يسلك بالضبط كما تسلك مجموعة من الموجات . ونذكر بصفة خاصة ظاهرة ارتداد وابل من الكهارب عن قرص معدني ، فإنها لا ترتد ارتداد حبيب البرد أو كرات التنس ، لكنها تحدث شكلاً من أشكال ظاهرة الحيود (انظر ص ٣٧) كما تفعل مجموعة من الموجات (انظر شكل ٣ بلوحة ٢) ومثل ذلك يحدث إذا أطلق وابل من الكهارب خلال فتحة ضيقة ، فإنها تنتشر انتشاراً جانبياً ، وتحدث شكلاً من أشكال ظاهرة الحيود يشبه تمام الشبه الشكل الذي تحدثه موجات من الضوء (انظر شكل ١ و ٢ بلوحة ٢) . وهذا لا يثبت بالطبع أن الكهرباء يتكون حقاً من موجات ، ولكنه يثير السؤال الآتي : أليس تصوير الكهرباء في صورة مجموعة من الموجات خيراً من تصويره في صورة جسم جامد ؟ والحق أن تصوير الكهرباء بصورة مجموعة من الموجات عمل لم يعجز قط عن التنبؤ بسلوك الكهرباء ، على حين أن تصوير الكهرباء على هيئة جسم جامد عجز عن ذلك في أحوال كثيرة يخطئها الحصر .

إن النظرية الجديدة — نظرية الميكانيكا الموجية — تثبت أن كهرباً أو بروتوناً متحركاً يجب أن يسلك سلوك مجموعة من الموجات ذات طول موجي معين ، وهذا السلوك موقوف على كتلة الجسم المتحرك وعلى سرعة حركته ، وليس على شيء سواهما ، والأطوال الموجية التي تفرضها هذه

لوحة رقم ٢ — حيود الضوء والكهارب

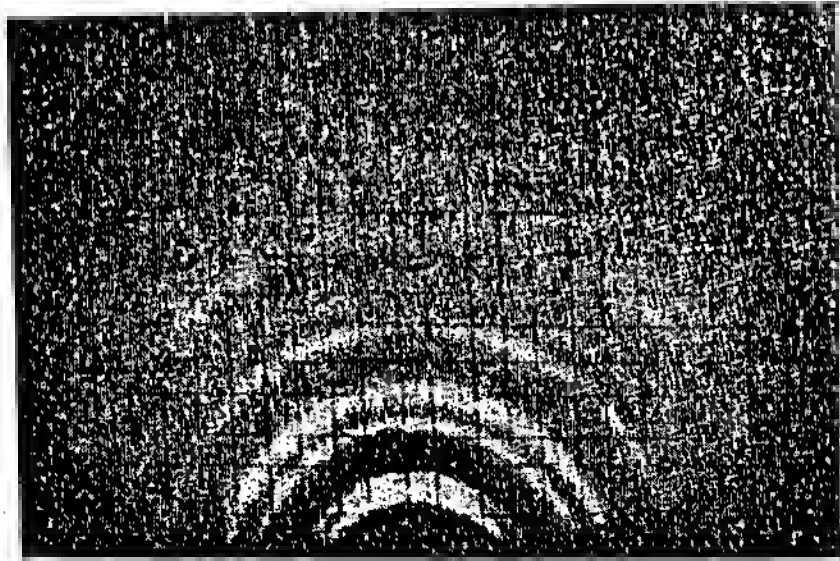


(شكل ١) حلقات حيود ناتجة عن مرور الضوء خلال ثقب ضيق (ثقب ديوس)
في حاجز معتم (عن ل . ر . ويلبرفورس، L.R. Wilberforce)



(شكل ٢) حلقات حيود ناتجة عن مرور كهارب في مساحة صغيرة جداً من سطح
غشاء من الذهب (عن ج . ب . طومسون G.P. Thomson)

(تابع) لوحة رقم ٢ — حيود الضوء والكهرباء



(شكل ٣) حلقات حيود ناتجة من انعكاس كهرباء عن مساحة صغيرة جداً
من سطح من الذهب (عن ج . ب . طومسون G.P. Thomson)

النظرية للكهارب والپروتونات التي تتحرك في ظروف المعمل العادية يسهل كثيرا قياسها بما في المعمل من أجهزة عادية .

وقد أجريت تجارب على ما قد نسميه بحق انعكاس الكهارب وانكسارها ، قام بها دافيسون وجرمر^(١) في أمريكا والأستاذ ج . ب . طومسون^(٢) في أبردين وروپ^(٣) في ألمانيا وكيكوشى^(٤) في اليابان وغيرهم ، فكانت تطلق الكهارب على هيئة حزمة متوازية على سطح معدنى أو في خلاله ، وفي كل حالة منها لم يكن التأثير الذى سجل على لوح فوتوغرافى موضوع وضعاً مناسباً هو الذى كان يجب أن يحدث لو كانت الكهارب سلكت سلوك وابل من الخردق الصغير أو غيره من الجسيمات الجامدة ، بل أمكن في كل حالة الحصول على شكل من أشكال ظاهرة الحيود يتكون من مجموعة من الحلقات متحدة في المركز ، مضبئة ومظامة على التوالى ، وهو الشكل الذى يمكن الحصول عليه لو أن موجات ذات طول موجى معين سقطت على اللوح . ولما قيس الطول الموجى وجد مطابقاً كل المطابقة لما تنبأ به قانون الميكانيكا الموجية الذى سبق ذكره ، وقد نجح مثل هذا النجاح حديثاً الأستاذ ا . ج . دمبستر^(٥) في تجاربه على الپروتونات المتحركة .

وقد أوضحت هذه التجارب وغيرها أن أقل ما يمكن أن يقال عن الموجات والأطوال الموجية التي تصحب الكهارب والپروتونات المتحركة هو أنها ليست مجرد خرافة ، بل إن في طبيعتها من غير شك شيئاً من الطبيعة

Professor G. P. Thomson (٢)

Professor A. J. Dempster (٥)

C. J. Davisson & L. H. Germer (١)

S. Kikuohi (٤)

E. Rupp (٣)

الموجية ، والصورة التي تمثل الكهارب والپروتونات المتحركة على أنها مجموعات موجية تفسر كل التفسير سلوكها داخل الذرة وخارجها خيرا مما تفسره الصورة القديمة التي كانت تعدها مجرد جسيمات مشحونة بالكهرباء .

وسنبحث في طبيعة هذه الموجات بإسهاب أكثر من هذا فيما بعد (انظر ص ١٣٤) ، وحسبنا هنا أن نقول إن المادة (الكهارب والپروتونات) والإشعاع كليهما ذو طبيعة مزدوجة ، وإنه ما دام العلم يتناول الظواهر بمقياس عادى لا يصغر إلى أن يصل إلى عالم الذرات والكهارب ، فإن من المستطاع عادة أن نحصل على صورة صالحة إذا فرضنا أن المادة والإشعاع كليهما من نوع الجسيمات ، ولكن عند ما يتغلغل العلم في دراسة الطبيعة ، فينتقل إلى دراسة الظواهر الصغيرة المقياس ، يجد أن المادة والإشعاع يستحيل كلاهما إلى موجات .

وإذا أردنا أن نفهم طبيعة الكون المادية الأساسية وجب علينا أن نوجه عنايتنا إلى هذه الظواهر الصغيرة المقياس ، ففيها تكمن طبيعة الأشياء النهائية ، وإذا كشفنا عنها كان ما نكشف عنه هو الموجات .

وهكذا بدأنا نظن أننا نعيش في كون من الموجات ، ولا شىء غير الموجات ، وسنبحث في طبيعة هذه الموجات فيما بعد ، أما الآن فحسبنا أن نلاحظ أن العلم الحديث قد ابتعد كثيرا عن الفكرة القديمة التي كانت تعد الكون مجرد مجموعة من قطع جامدة من المادة ، تظهر فيها عرضا موجات من الإشعاع أحيانا ، وسيخطو بنا الفصل التالى خطوة أخرى في هذا الطريق .

الفصل الثالث

المادة والإشعاع

في نشأة العلم الأولى ارتضى العلماء قانون السببية من غير مناقشة، واتخذوه قاعدة يسترشدون بها في العالم الطبيعي، فأدى ذلك إلى الكشف عن قوانين وضعت في الصيغة العامة القائلة "إن سببا معينا (١) يؤدي إلى نتيجة معروفة (ب)". ومثال ذلك أن الحرارة تصهر الجليد. وإذا عبرنا عن هذا بعبارة مطولة قلنا إن الحرارة تنقص من مقدار الجليد في الكون وتزيد من مقدار الماء فيه .

وقد كان في استطاعة الإنسان الأول أن يعرف هذا القانون بسهولة ، ولم يكن عليه إلا أن يراقب تأثير الشمس في الصقيع ، أو تأثير أيام الصيف الطويلة في أنهار الجليد الجبلية ، كما كان في استطاعته أن يلاحظ أن البرد في الشتاء يعيد الماء إلى جليد ، ويحتمل أنه استطاع أن يعرف في مرحلة أخرى من مراحل تقدمه أن مقدار هذا الجليد العائد من تجمد الماء المنصهر يساوى مقدار الجليد الأول قبل انصهاره ، فكان من الطبيعي إذن أن يستدل من ذلك على أن الذى يبقى من غير أن يتأثر مقداره شيء ينتمى إلى طائفة أعم وأشمل من الماء والجليد خلال عملية التحول الآتية :

جليد ← ماء ← جليد .

وفي علم الطبيعة الحديث قوانين مألوفة من هذا الطراز يطلق عليها "قوانين عدم الفناء". وما ذلك الكشف الذي نعزوه إلى الإنسان الأول سوى حالة خاصة من حالات قانون عدم فناء المادة . فقانون "عدم فناء سـ" أيا كانت سـ هذه معناه أن جميع ما في الكون من سـ يبقى ثابتا على الدوام ، فلا يستطيع شيء أن يحول سـ إلى شيء آخر غير سـ . وكل قانون مثل هذا هو بالضرورة قانون فرضي لا يدل في الحقيقة إلا على أننا لم نتجح ، برغم ما بذلنا من جهود ، في تغيير مجموع مقدار سـ . وما دما قد عجزنا في كل مرة على الرغم مما بذلنا من جهود كبيرة ، فإنه يحق لنا أن نضع قانونا لعدم فناء سـ ، نتخذه على الأقل فرضا صالحا للعمل به .

وفي آخر القرن الماضي أقر علم الطبيعة ثلاثة قوانين أساسية لعدم الفناء

وهي :

- (أ) عدم فناء المادة .
- (ب) » » الكتلة .
- (ج) » » الطاقة .

ولاحاجة لأن يتضمن بحثنا هذا قوانين أخرى أقل أهمية ، مثل قوانين عدم فناء كمية الحركة الطولية والزاوية ، لأن هذه القوانين مجرد استنباط من القوانين الثلاثة الأساسية السالفة الذكر .

ولقد كان قانون عدم فناء المادة أكثر القوانين الثلاثة الكبرى قداسة . وقد استخدمه دمقريطس ولقريطس في فلسفتهم الذرية التي فرضت أن كل أنواع المادة تتكون من ذرات لا يمكن استحداثها ولا تبديلها

ولا إفناؤها، وكانت تقرر أن ما يحتويه الكون من مادة يبقى ثابتا على الدوام لا يتغير، وكذلك يبقى ثابتا ما يحتويه أى جزء من الكون أو أى حيز فى الفضاء من مادة، إلا بقدر ما يعتريه من تغير بادخال ذرات فيه أو إخراجها منه. وكان الكون فى نظر هذه الفلسفة مسرحا لمثلين لا يتغيرون أبدا — هم الذرات — يمثلون عليه أدوارهم، ويختلف بعضهم عن بعض فى تخفيهم وتجمعهم دون أن يحدث تغير فى ذاتيتهم، وهم فيه يتمتعون بالخلود.

وكان القانون الثانى، قانون عدم فناء الكتلة، أكثر حداثة فى الوجود. فقد فرض نيوتن أن فى كل جسم أو قطعة من مادة مقدارا متصلا به لا يتغير، هو كتلته التى يقاس بها "قصوره الذاتى" أو عدم رغبته فى تغير حركته. فاذا لزم لسيارة ما ضعف القوة الآلية التى لسيارة أخرى ليكون فى مقدورنا أن نتحكم فى سرعة الأولى كما نتحكم فى سرعة الثانية، قلنا إن كتلة السيارة الأولى ضعف كتلة السيارة الثانية. وكذلك يقرر قانون الجاذبية أن قوى الجذب الواقعتين على جسمين تتناسبان بالضبط مع كتلتيهما، فاذا ثبت أن قوى جذب الأرض لجسمين متساويتان وجب أن تكون "كتلتهما" متساويتين أيضا، ويتبع ذلك أن تكون أسهل طريقة لتقدير كتلة جسم ما هى أن يوزن هذا الجسم.

وقد أثبت علم الكيمياء على مر الزمن أن "ذرات" لقريطس لا يحق لها أن تسمى باسمها اليونانى^(١)، الذى يعنى أنها "غير قابلة للتجزئة"، فقد ثبت أن الذرات ليست "غير قابلة للانقسام"، ولذلك سميت

”جزيئات“ ، واحتفظ باسم ”الذرة“ للوحدات الصغيرة التي يمكن أن تنقسم إليها الجزيئات . ويمكن أن تقسم الجزيئات وأن يعاد ترتيب ذراتها بطرق كثيرة ، فقد يكفى لذلك مجرد حدوث تماس بينها وبين جزيئات أخرى كالذى يحدث عند ما يصدأ الحديد ، أو عند ما يضاف حامض إلى فلز ، كما يمكن تقسيم الجزيئات بالاحتراق أو الفرقعة أو الحرارة أو سقوط الضوء ، فإذا وضعت مثلاً زجاجة من فوق أكسيد الأيدروجين في مكان معرض للضوء ، فإن مجرد مرور الضوء خلال السائل يقسم كل جزيء منه (يد_٢ ا_٢) إلى جزيء من الماء (يد_٢ ا) وذرة من الأوكسيجين (ا) ، فإذا نزعنا سداة الفلين عن زجاجةنا سمعنا (طق) نتج عن تصاعد غاز الأوكسيجين ، ووجدنا أن بعض فوق أكسيد الأيدروجين قد تحول إلى ماء . وكذلك تعيد جزيئات بروميد الفضة ترتيب ذراتها عند سقوط الضوء عليها ، وهذا التغير هو أساس التصوير الشمسي .

وفي أواخر القرن الثامن عشر اعتقد لا فوازيه أنه وجد أن مجموع وزن المادة قد بقي ثابتاً لم يتغير في جميع التحولات الكيميائية التي أجراها ، وبذلك صار قانون ”عدم فناء الكتلة“ على مر الزمن من أهم قواعد العلم . غير أننا نعلم الآن أن هذا القانون ليس صحيحاً صحة مطلقة ، لأنه وجد أن مجموع وزن الأوكسيجين الذي يتصاعد من زجاجة فوق أكسيد الأيدروجين ، ووزن السائل الذي تبقى يزيد قليلاً على وزن فوق أكسيد الأيدروجين الأصلي ، كما وجد أن اللوح الفتوغرافي يزيد وزنه إذا عرّض للضوء ، وسنرى بعد قليل أن القانون غير دقيق ، لأنه يهمل وزن الضوء الذي تمتصه جزيئات فوق أكسيد الأيدروجين أو بروميد الفضة .

أما القانون الثالث — أى قانون عدم فناء الطاقة — فهو أحدث القوانين كلها . ويمكن وجود الطاقة على أشكال متعددة مختلفة ، وأبسطها الطاقة الحاصلة ، طاقة الحركة ، كحركة قطار على طريق مستو ، أو حركة كرة من كرات البليارد على منضدة . وقد أثبت نيوتن أن هذه الطاقة الميكانيكية الحاصلة "لا تفنى" ، فإذا اصطدمت كرتان من كرات البليارد مثلاً تغيرت طاقة كل منهما ، ولكن مجموع طاقتيهما لا يتغير ، وكل الذى يحدث أن تعطى إحداها من طاقتها للأخرى ، دون أن تكتسب أو تفقد طاقة ما فى أثناء هذا التبادل ، ولكن هذا لا يصدق إلا إذا كانت الكرتان "تامتى المرونة" ، وهى حالة مثالية إذا تحققت فإن الكرتين تتباعدان بعد التصادم بنفس السرعة التى كانتا تتقاربان بها قبل التصادم . غير أنه يبدو دائماً أن الطاقة الميكانيكية تنقص فى الحالات الواقعية التى تحدث فى الطبيعة ، فالرصاصة تفقد من سرعتها فى أثناء سيرها فى الهواء ، والقطار يقف بعد زمن ما إذا وقفت آله . وفى هاتين الحالتين وأمثالهما تتولد حرارة ويحدث صوت . وقد أثبتت سلسلة طويلة من التجارب أن الحرارة والصوت نفسيهما نوعان من أنواع الطاقة ، وقد أجرى جول^(١) سلسلة من التجارب الهامة فيما بين ١٨٤٠ — ١٨٥٠ ، فمقاس الطاقة الحرارية وحاول أن يقيس الطاقة الصوتية بجهاز بدائى يتكوّن من وتر من أوتار الفيولونشلو^(٢) ، ومع أن تجاربه كانت غير دقيقة فإنها أدت إلى اعتبار "عدم فناء الطاقة" قاعدة تتناول كل أنواع الطاقة المعروفة فى جميع أشكالها المختلفة ،

J. P. Joule (١)

آلة موسيقية تشبه الكمان إلا أنها أضخم منها وأعمق طبقة . (٢) (violonecello)

كالطاقة الميكانيكية والحرارية والصوتية والكهربية . وخلاصة ما أثبتته تلك التجارب أن الطاقة تتحول ولا تنعدم ، وأن ما يفقد في الظاهر من طاقة الحركة يعوض عنه بظهور مقدار مساو له بالضبط من الطاقة الحرارية والصوتية ، فطاقة حركة قطار مندفع تعوضها طاقة مساوية لها من صوت المآزل الصارخة ، وتسخين العجلات ومصاد المآزل والقضبان .

واستمرت هذه القوانين الثلاثة طوال النصف الثاني من القرن التاسع عشر لا يتحداها متحد . وكان عدم فناء الكتلة وعدم فناء المادة يعدان وقتئذ شيئا واحدا ، لأن كتلة أى جسم كانت تعد مساوية لمجموع كتل ذراته ، وكان هذا بطبيعة الحال تفسيرا سهلا — وأسهل مما يجب في الواقع كما نعرف الآن — لعدم استطاعة الفعل الكيميائي أن يغير مجموع الكتلة . أما قانون عدم فناء الطاقة الذى كشف حديثا فقد ظل منفردا بنفسه بعيدا عن القانونين القديمين . وظل العلماء ينظرون إلى الكون نظرتهم إلى مسرح تقوم ذرات بالتمثيل عليه ، وتحفظ كل منها بذاتيتها وكتلتها طويلا وقت التمثيل ، ويكمل هذه الصورة أن الممثلين يتبادلون فيما بينهم "جوهرا" يعرف بالطاقة ، شأنه كشأن الممثلين أنفسهم لا يستحدث ولا ينعدم .

وكان يجب بطبيعة الحال أن تعد قوانين عدم الفناء الثلاثة المذكورة مجرد فروض صالحة لأن يعمل بها ، على أن توضع موضع الاختبار بكل الطرق الممكنة ، وتنبذ من فورها إذا ما بدت عليها أمارات الفشل ؛ ولكن يلوح أن العلماء كانوا يؤمنون بهذه القوانين إيمانا جعلهم يعدونها قوانين

عامة لا تنازع ، وكان من عادة علماء الطبيعة في القرن التاسع عشر أن يتحدثوا عن هذه القوانين كأنها هي المسيطرة على كل الخليقة ، وعلى أساس هذا التفكير وضع الفلاسفة قواعدهم التي فرضوها على طبيعة الكون الأساسية.

غير أن هذا كان يشبه الهدوء الذي يسبق العاصفة ، وقد كان أول نذير بالعاصفة المقترية بحث نظري قام به السير . ج . ج طمسون^(١) أبان فيه أنه من المستطاع تغيير كتلة أى جسم مكهرب إذا ما حرك ، كما أبان أنه كلما زادت سرعة هذا الجسم زادت كتلته . وهذا يتعارض مع رأى نيوتن القائل بأن الكتلة ثابتة لا تتغير ، فاختلفت بذلك من ميدان العلم إلى وقت ما قاعدة عدم فناء الكتلة .

وبقيت هذه النتيجة ردحا من الزمن مجرد فكرة ليس لها من شأن غير شأنها العلمى ، فلم يكن من المستطاع اختبارها بالملاحظة ، لتعذر شحن الأجسام العادية بما يكفى من الكهرباء ، ولتعذر تحريكها بما يكفى من السرعة لإظهار ما تنبأت به النظرية من تغيير ملحوظ فى كتلة هذه الأجسام . غير أنه عندما كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايته بدأ السير . ج . ج طمسون وأتباعه يحطمون الذرة . فأتضح لهم أنها لم تبقى غير قابلة للانقسام ، وأنها لذلك لم تعد خليقة بأن تسمى "ذرة" أكثر مما كان الجزئ خليقا بهذا الاسم من قبل . على أن كل الذى استطاع هؤلاء العلماء أن يفعلوه هو أن يفصلوا قطعا صغيرة فقط ، وحتى الآن لم يتم تحطيم

الذرة إلى وحداتها النهائية تحطيا تاما . وقد وجدت القطع التي تمكنوا من فصلها متشابهة كل التشابه ومشحونة بكهرباء سالبة ، فسميت لذلك كهارب "إلكترونات" .

ومقدار الكهرباء في الكهارب أكبر كثيرا من مقدار الكهرباء التي يمكن أن توجد في أى جسم عادى ، فالجرام الواحد من الذهب إذا طرق حتى صار أرق ما يستطيع ، ثم جعل على شكل ورقة مربعة ضلعها ياردة واحدة ، فانه يمكن اذا واتى الحظ أن تستبق عليها شحنة كهربائية قدرها ٦٠٠٠٠ وحدة كهربائية استاتيكية ؛ أما الجرام الواحد من الكهارب فإنه يحمل كهربائية دائمة أكبر من السابقة بمقدار تسعة ملايين المليون مرة تقريبا ، ولهذا السبب ولأنه يمكن بطرق كهربائية جعل الكهارب تتحرك بسرعة تزيد على مائة ألف ميل في الثانية ، صار من السهل إثبات أن كثافة الكهرباء تتغير بتغير سرعته ، وقد أثبتت تجارب دقيقة أن هذا التغير هو بعينه التغير الذى تنبأت به النظرية .

وقد ثبت الآن بفضل أبحاث روزفورد أن الذرة لا تتكون كلها إلا من كهارب مشحونة بكهربائية سالبة ومن جسيمات مشحونة بالكهرباء ، وكان هذا كافيا لأن تصبح العلوم التى تبحث فى خواص المادة وتركيبها فروعاً لعلم واحد يشملها جميعا ، هو علم الكهرباء . وكان فراداي^(١) ومكسويل قبل ذلك قد أثبتا أن كل شعاع هو بطبيعته كهربائى ، وبذلك أصبح علم الطبيعة كله داخلا فى نطاق علم واحد هو علم الكهرباء .

وبما أن كل جسم هو مجموعة من جسيمات مشحونة بالكهرباء ، فإن البحوث النظرية السالفة الذكر تدل على أن كتلة كل جسم متحرك تتغير تبعاً لسرعة حركته ، وذلك أن كتلة الجسم المتحرك يمكن أن تعد مكونة من قسمين : أحدهما ثابت يحتفظ به الجسم حتى في حالة سكونه ويعرف " بكتلة السكون " والثاني متغير وهو يتبع سرعة حركة الجسم . وقد أثبتت المشاهدات والنظريات معا أن هذا القسم الثاني يتناسب بالضبط مع طاقة حركة الجسم ، فكلتا كهرين أو كلتا أى جسيمين آخرين متشابهين تختلفان بمقدار ما يكون بين طاقتيهما من فروق بالضبط .

وفي عام ١٩٠٥ توسع اينشتين في تطبيق هذه النظرية وعممها تعميماً كبيراً ، فقد أثبت أن كل ما يمكن أن نتصوره من أنواع الطاقة ، لا طاقة الحركة فحسب ، يجب أن تكون له كتلة الخاصة به ، وإلا بطلت نظرية النسبية . وبهذه الطريقة صارت كل تجربة تجرى لتحقيق نظرية النسبية دليلاً على صحة الفرض القائل بأن للطاقة كتلة ، وقد دلت بحوث اينشتين على أن كتلة الطاقة أياً كان نوعها موقوفة على مقدار الطاقة وحدها وتتناسب معها بالضبط ، وهذه الكتلة جد صغيرة أيضاً ، فالباخرة موريتانيا^(١) مثلاً وهي مشحونة شحنة كاملة تزن ما يقرب من ٥٠٠٠٠ طن ، فإذا سافرت بسرعة ٢٥ عقدة فإن حركتها لا تزيد من وزنها إلا نحو جزء من مليون جزء من الأوقية ، كما أن الطاقة التي يبذلها الإنسان في عمل يدوي شاق خلال حياة طويلة الأمد ، لا تزن أكثر من $\frac{1}{1000000}$ من أوقية .

وقد كان من الممكن بعد هذا الكشف أن تصحح أوضاع قانون بقاء الكتلة ، بعد أن عرف أن الكتلة تتكون من مجموع كتلتى السكون والطاقة . ولما كانت كلتا الكتلتين على انفراد باقية لا تفنى (الأولى لأن المادة باقية والثانية لأن الطاقة باقية) ، فلا بد أن تظل الكتلة فى مجموعها باقية لا تفنى ، فبعد أن كان علم الطبيعة فى القرن التاسع عشر يعد بقاء الكتلة نتيجة لبقاء المادة لا لشيء سواه ، كشف علم الطبيعة فى القرن العشرين أن لبقاء الطاقة أيضا شأنًا فى بقاء الكتلة ، وأصبح من المقرر الآن أن السبب الوحيد فى بقاء الكتلة هو أن المادة والطاقة باقيتان كلتاهما على انفراد .

وطالما كانت الذرات معدودة باقية لا تفنى ، وأنها كما قال مكسويل "أحجار بناء الكون التى لا تنعدم" ، فقد كان من الطبيعى أن ينظر إليها على أنها مكونات الكون الأساسية ، أى أن الكون كان بالاختصار يعد كونا من الذرات ليس للإشعاع فيه إلا أهمية ثانوية . وقد افترض أن الذرة كانت تتذبذب من حين إلى حين ، كما يهتز الجرس إذا ضرب ، فتصدر إشعاعا إلى أمد قصير كما يصدر الجرس الصوت ، ثم تعود بعد حين إلى حالة السكون العادية ؛ ولكن الإشعاع لم يكن معدودا من المكونات الأولية للمادة ، أكثر مما يعد الصوت من المكونات الأولية لمجموعات أجراس التنغيم ، وهذا يفسر لنا لماذا استحال على الناس أن يتصوروا كيف استطاعت الشمس أن تستمر على الإشعاع آلاف الملايين من السنين أو أكثر ، فقد كان الاعتقاد السائد أن ضوء الشمس يحدث بسبب اضطراب الذرات ، ولكن أحدا لم يكن يستطيع أن يتصور سبب استمرار هذا الاضطراب .

وما أن عرف أن الذرة تتكون من جسيمات مكهربة حتى بدأت وجهة النظر تتغير ؛ ذلك أننا مهما بعدنا عن جسيم مكهرب ، فإننا لن نستطيع أن نخرج عن دائرة أثره فينا بالجذب أو بالطرد ، وهذا يدل على أن الكهرب يجب أن يحتل الفضاء كله أيا كان معنى هذا الاحتلال . وقد جعل فراداي ومكسويل الأمر أكثر من هذا وضوحا ، فصوروا الجسم المكهرب بما يشبه الأخطبوط في تركيبه ، أى كأنه جسم مادي يخرج منه شيء يشبه المحسات أو قرون الاستشعار ويسمى " خطوط القوة " ينتشر في الفضاء كله ، فإذا تجاذب جسمان مكهربان أو تنافرا ، فسبب التنافر أو التجاذب اشتباك قرون الاستشعار في كليهما بطريقة ما وحدوث الشد أو الدفع بينهما . وقد فُرض أن قرون الاستشعار هذه تتكون من قوى مغناطيسية وكهربائية يصدر عنها الإشعاع أيضا ؛ فإذا أصدرت الذرة إشعاعا ، فكل الذى يحدث أنها تطلق بعض قرون الاستشعار فيها في الفضاء ، كما يُخرج القنفذ أشواكه من جسمه ، وهذا التصوير قد جعل الإشعاع والمادة أوثق ارتباطا مما كانا من قبل .

ولما كانت أنواع الإشعاع جميعها صوراً وأشكالا من الطاقة ، وجب أن تكون طبقا لقاعدة اينشتين ذات ككل أيضا ؛ فإذا ما بعثت الذرة إشعاعا نقصت كتلتها بقدر كتلة الإشعاع المنبعث منها ، وهى فى ذلك كالقنفذ إذا فرضنا أنه قذف بأشواكه بعيدا عنه ، ذلك أن وزنه فى هذه الحال ينقص بمقدار وزن شوكة . فإذا احترقت قطعة من الفحم فإن وزنها لا يساوى وزن ما ينتج عنها من رماد ودخان فقط ، بل يجب أن يضاف إلى وزن الرماد والدخان وزن الضوء والحرارة اللذين ينبعثان فى أثناء عملية

الاحتراق ، وعندئذ فقط يكون المجموع الكلى مساويا لوزن قطعة الفحم الأصلية بالضبط .

ومنذ عام ١٨٧٣ أثبت مكسويل أن الضوء يحدث ضغطا على أى سطح يقع عليه ، ونحن الآن نعد هذا نتيجة حتمية لما يلزم الإشعاع من كتلة . ذلك أن شعاع الضوء هو كتلة تسير بسرعة الضوء وقدرها ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية . وقد لاحظ ليدو ^(١) ذلك الضغط فيما بعد ، ثم وجد نكلس ^(٢) أن مقداره كما قدره مكسويل . ويمكن رؤية الهدف يرتد من أثر صدمة إشعاع صادر من ضوء لامع كأن رصاصة قد أطلقت عليه ، غير أننا نعلم مما يقع تحت حسنا على الأرض أن هذه الصدمة الناتجة من الضوء ضعيفة جدا ، فاذا أردنا أن نقف على أقوى أثر لهذه الظاهرة ، وجب علينا أن نترك الأرض وعلم الطبيعة الذى وصلنا إليه فى معاملنا الأرضية ، ونستعيز عنهما بالسماء وعلم الطبيعة الواسع الذى يعمل هناك فى جفان النجوم الهائلة . فاذا أنت رفعت حرارة قذيفة مدفع عادية من ذات الست البوصات إلى ٥٠ مليون درجة ، وهى الدرجة التى يتوقع وجودها فى باطن الشمس أوفى نجم متوسط القدر ، فإن ضغط الإشعاع المنبعث منها ، والذى يشبه ضغط الماء المندفِع من خرطوم الحريق ، يكفى لأن يحصد كل من يقترب إلى مدى خمسين ميلا منها . وفى الحق إن ضغط الإشعاع داخل النجوم يبلغ من العظم حداً يكفى لأن يجعل له نصيبا ملحوظا من وزنها .

وقد ثبت حسابيا أن نحو جزء من عشرة آلاف جزء من الأوقية من ضوء الشمس يقع في كل دقيقة على كل ميل مربع من الأرض تحت الشمس مباشرة ، وأن هذا المقدار يقع بسرعة الضوء ويحدث في أثناء عودته إلى السكون ضغطا على الأرض يقدر بما يقرب من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠ و من الضغط الجوى ، وتبدو هذه الأرقام صغيرة إلى حد يدعو إلى السخرية ؛ ولتقريبها إلى ذهن القارئ نقول إن وزن ضوء الشمس الذى يقع على الأرض في مدى قرن أقل من وزن ما يقع من الماء في $\frac{1}{10}$ من الثانية في مطرة غزيرة . على أن هذه الكمية لا تبدو صغيرة إلا لأن ميلا مربعا شديدا الضالة بالقياس إلى الفضاء الفلكي . أما مجموع ما تصدره الشمس من الإشعاع فيكاد يصل بالضبط إلى ٢٥٠ مليونا من الأطنان في الدقيقة ، وهو يقرب من أن يكون قدر متوسط ما يمر من الماء تحت جسر لنسدن عشرة آلاف مرة . وهنا نلاحظ ملاحظة عارضة وهى أنه إذا كانت هذه النسبة التى تقدرها بعشرة آلاف خاطئة ، فليس الخطأ ناتجا من أننا لا نعرف بالضبط وزن الإشعاع الشمسى ، ولكنه ناتج من أننا لا نعرف بالدقة التامة متوسط مقدار ما يمر من الماء في نهر التاميز ، ذلك بأن علم الطبيعة الفلكية علم أصح كثيرا من علم حركة السوائل الأرضية .

ويقع على الشمس وزن معين من إشعاع النجوم الأخرى ، ولكنه لا يذكر إذا قيس بوزن الإشعاع الذى ينساب من الشمس نفسها ، ولهذا فإن الشمس لا تستطيع أن تحتفظ بوزنها إلا إذا كان معدل ما يدخلها من المادة الحقيقية يقرب من ٢٥٠ مليونا من الأطنان في الدقيقة .

والشمس في سيرها في الفضاء تكتسح مواد ضالة فيه ، على هيئة ذرات أو جزيئات غريبة وجسيمات ترابية ونيازك . وأصل هذه النيازك أجسام صلبة صغيرة ، يوجد منها عدد هائل داخل المجموعة الشمسية يدور حول الشمس في أفلاك كأفلاك الكواكب ، وهي تندفع أحيانا نحو جو الأرض فترتفع درجة حرارتها حتى تصل الى درجة التوهج بسبب مقاومة الهواء لها في أثناء سقوطها ، فتظهر على شكل شهب أو نجوم هاوية ، وهي تستحيل عادة الى بخار قبل أن تصل إلى سطح الأرض ، ولكن يحدث أحيانا أن يكون حجم أحدها من الكبر بحيث لا يتحلل كله ، فيبقى منه ما ينجو من تأثير قوة التهشم الناتجة من مقاومة الهواء له ، فيصل الأرض على شكل حجر يعرف بالحجر النيزكي . وقد يكون حجم هذه الحجارة النيزكية كبيرا جدًا في بعض الأحيان ، فقد حدث في عام ١٩٠٨ أن سقط أحدها في سيبيريا (١) فأثار زوابع دمرت مساحات كبيرة من الغابات ، كما أثارت صدمته للأرض الصلبة موجات أمكن تسجيلها على مسافة آلاف من الأميال . وكذلك يوجد في أريزونا (٢) انخفاض كبير يشبه فوهة البركان يبلغ محيطه ثلاثة أميال ، ويقال إنه حدث من سقوط حجر أكبر من حجر سيبيريا في أزمنة ما قبل التاريخ . غير أن مثل هذه الحجارة الماردة نادرة الحدوث ، أما النيزك العادي فصغير جدًا لا يزيد عادة على حجم ثمرة الكريز أو حبة الحمص .

وقد قدر شابيلى (٣) أن آلاف الملايين من الشهب تقتحم جو الأرض يوميا ، وهذه كلها تتحول الى تراب وبخار يزيد بمقداره وزن الأرض ، ويقع على

الشمس منها عدد كبير جدا لا يعد ما يقع على الأرض شيئا إلى جانبه ، و يقدر بملايين الملايين في الثانية . و أكبر الظن أن هذه الملايين هي التي يتكوّن منها أكبر قسم من المواد الضالة التي تجمعها الشمس ، غير أن شألي يقدر المجموع الكلي للمواد النيزكية التي تقع على الشمس بما لا يكاد يزيد على ألفي طن في الثانية ، وهذا أقل من $\frac{1}{٢٠٠٠٠٠}$ مما تفقده الشمس بالإشعاع ؛ ولذلك يكاد يكون محققا أن الشمس تفقد من وزنها بمعدل ٢٥٠ مليونا من الأطنان تقريبا في الدقيقة ؛ فخرم الشمس إذن آخذ في النقصان ، وهو يزول شيئا فشيئا أمام أعيننا ، ويزوب كما يذوب جبل الجليد في تيار الخليج^(١) ، وليس ثمة شك في أن هذا يصدق كذلك على غيرها من النجوم .

وهذه النتيجة تتفق اتفاقا حسنا مع الحقائق العامة في علم الفلك ، فإن ما تجمع من الحقائق الكثيرة يدل على أن النجوم الحديثة التكوين أثقل من النجوم القديمة ولو أنه لا يوجد برهان قاطع على ذلك . وليست النجوم الحديثة أثقل من القديمة بملايين قلائل من الأطنان ، بل هي أثقل منها مرات عدة قد تكون عشر مرات أو خمسين مرة ، وقد تبلغ مائة مرة في بعض الأحوال . وأبسط تفسير لهذا هو أن النجوم تفقد الجزء الأكبر من وزنها في أثناء حياتها ، وتكفي عملية حسابية سهلة لإثبات أن الشمس ، التي ينقص وزنها بمعدل ٢٥٠ مليونا من الأطنان تقريبا في الدقيقة ، تحتاج إلى ملايين الملايين من السنين حتى تفقد الجزء الأكبر ، أو على الأقل جزءا هاما ، من وزنها . ولما كانت قصة النجوم

الأخرى تكاد تشبه قصة شمسنا فإن في استطاعتنا أن نحدد للنجوم بوجه عام أعمارا تقدر بملايين الملايين من السنين .

ولدينا طرق أخرى لتقدير أطوال الأعمار النجمية ، فحركة النجوم في الفضاء توضح قدمها السحيق ، وهي كذلك تحدد لها أعمارا تبلغ ملايين الملايين من السنين فقد عرفنا أن النجوم يبعد بعضها عن بعض في الفضاء بعدا يجعل من النادر جدا أن يقترب نجمان أحدهما من الآخر اقترابا شديدا ، ولكن لا بد أن يكون كل نجم قد اقترب عدة مرات من نجم آخر ما دامت النجوم قد عمرت تلك الأعمار الطويلة الهائلة التي تقدر بملايين الملايين من السنين . وقوة الجذب التي يمكن أن تحدث بين النجوم في حالات الاقتراب هذه لا تبلغ عادة من الشدة ما يمكنها من تمزيق النجوم وخلق الكواكب ، ولكنها تكفى لأن تجعل النجوم تتحرف عن طريقها ، وتغير من سرعة تحركها . وفي الكون مجموعات ثنائية من النجوم تتكون كل مجموعة منها من كتلتين منفصلتين متلازمتين تتحركان في الفضاء كأنهما نجم واحد ، فإذا اقترب من إحدى هذه المجموعات نجم آخر فإن ما له من شدة الجذب يعدل من مداري النجمين في هذه المجموعة الثنائية .

ويمكن حساب كل هذه الأحداث حسابا مفصلا ، نعرف منه بالضبط ما يمكن أن يحدث ، إذا صح أن النجوم قد عاشت هذه الأعمار الطويلة المدهشة التي قدرناها تقديرا مؤقتا بملايين الملايين من السنين . ويدل الحساب على صحة كل ما افترضناه ، فثمة كل النتائج التي تنبأنا بها ، ثم إن أجرام النجوم تدل على أنها قد عاشت ملايين الملايين من السنين .

ويناقض كل ما تقدم نوع آخر من الأدلة يشير إلى نتيجة تختلف كل الاختلاف ، ولذلك يجب أن نناقشها في شيء من التفصيل ، وإن كانت تحتاج إلى شيء كثير من الدراية الفنية ، وتزج بنا في أعقد مسائل نظرية النسبية العويصة . وسنرى في الفصل التالى أن هذه النظرية تفرض الفضاء مقوسا كتنقوس سطح الأرض أو شديد القرب منه ، وأن هذا التنقوس هو الذى يسبب انحناء أشعة الضوء الذى يشاهد في حالات كسوف الشمس ، وأنه هو الذى يسبب انحناء أفلاك الكواكب والمذنبات الذى اعتدنا أن نرجع سبب حدوثه لفعل "قوة جاذبة" . وتقول هذه النظرية إن وجود المادة لا يحدث "القوة" التى تعدها تلك النظرية بمجرد وهم لا وجود له ولكنه يحدث انحناء الفضاء . ولكي نذل ما يواجهنا بسبب ذلك من الصعاب ، واحدة بعد أخرى ، نفرض مؤقتا أن وجود المادة هودون غيره سبب انحناء الفضاء . فإذا سلمنا بذلك فإن الكون الحالى من كل مادة على الإطلاق يكون فضاؤه غير منجن مطلقا لعدم وجود المادة التى تسبب انحناءه ، ولذلك يكون حيزه غير محدود . غير أن الكون ليس خاليا من المادة ، ولذلك يقدر حيزه بمقدار ما يحتويه منها ، وكلما زادت كمية المادة فيه زاد تنقوس الفضاء وزادت سرعة انطوائه على نفسه ونقص حيزه ، كما أن الدائرة التى ينحني محيطها انحناء سريعا تكون أصغر من التى ينحني محيطها بالتدريج .

وثمة تجربة مشهورة تُجرى على إحدى فقائيع الصابون بعد كهربتها ، وتزيد هذه الفكرة وضوحا : ضع فقاعة من الصابون نفخت بالطريقة المألوفة على قرص آلة كهربائية ترأه كلما دارت الآلة وزادت شحنة الفقاعة

بالكهرباء ، زاد حجمها في أثناء ذلك باستمرار حتى تنفجر في النهاية .
ويشبه الكون فقاعة الصابون في هذه الحالة (إلا في انفجارها في النهاية) ،
ويرتبط حجم الفقاعة بمقدار ما تحمل من شحنة كهربائية ، كما يرتبط حجم
الكون بمقدار ما يحتويه من مادة . غير أن بين الفقاعة والكون فرقين
أساسيين : الأول أن لفقاعة الصابون مقدارا معينا من التقوس المتأصل
في تركيبها ، ولذلك يكون لها حيز معين محدود يمكن أن تصل إليه حتى
ولو كانت غير مشحونة بالكهرباء ، أما الكون فإن حيزه يصير غير محدود
عندما يخلو من المادة والفرق الثاني هو أن حيز فقاعة الصابون يزداد
كلما زادت شحنة الكهرباء فيها ، أما الكون فإن حيزه يصغر كلما زاد مقدار
المادة فيه ، فكلما كثرت المادة الموجودة في الكون قل الفضاء الذي
يحتويها .

وقد حاول اينشتين أن يتغلب على الاعتراض الأخير وغيره من الاعتراضات ،
فزاد أوجه الشبه بين الكون وفقاعة الصابون ، وتصور أن له تقوسا متأصلا
فيه ، زيادة على التقوس الذي تحدثه فيه المادة ، وهذا التقوس الأخير
من نوع خاص يسمح له بأن يزيد حجمه كلما زاد مقدار المادة التي فيه .

ويبقى بعد ذلك فرق هام بين الكون وفقاعة الصابون ، ذلك أن جميع
الكتل الجاذبة التي في الفضاء يجذب بعضها بعضا ، ولكن الشحنات
الكهربائية التي على سطح فقاعة الصابون تتنافر ويطرد بعضها البعض
لأنها شحنات متشابهة ، فهي إما سالبة كلها أو موجبة كلها ، وينتج عن هذا
أن تكون الفقاعة المكهربة جسما ثابتا كل الثبوت ، فإذا أنت أضفت

إلى ما فيها قليلا من الكهربائية فإنها تكيف نفسها في هدوء لمواجهة حالة اتزان جديدة زاد فيها حجمها عن ذي قبل زيادة قليلة ، فإذا أنت هزرتها بعد ذلك فإنها تواصل الاهتزاز مدة قصيرة ، ثم لا تلبث أن تعود إلى حالة السكون بعد ذلك ، ولكنها إذا شحنت بمادة جاذبة فإنها لا تبقى ثابتة لما بين الجذب والدفع من خلاف . ويستطيع الرياضي أن يفهم لماذا يكون الأمر كذلك ، ومع أن الفرق جد كبير بين كون وفقاعة ذات بعدين مكونة من غشاء من رغوة الصابون ، فإن البحث الذي أجراه حديثا القس لميتر^(١) العالم الرياضى الباجيكي يثبت صحة الشبه بينهما ، ويثبت فوق ذلك أن مثل هذا الكون الذى نتحدث عنه الآن يصير غير ثابت التكوين ، ولا يمكن أن يبقى ساكنا زمنا طويلا ، بل يبدأ من فوره فى التمدد إلى ما لا نهاية له ، أو فى التقلص إلى نقطة ، وإذن يكون الحيز الحقيقى الذى يشغله كون ذو عمر محدود آخذا فى التمدد أو فى التقلص ، وتكون الأجسام المختلفة التى يحتوئها الكون مندفعة كلها متقاربة أو متباعدة بسرعة عظيمة .

وقد وضع لميتر نتائجها على أساس الصورة التى رسمها اينشتين لكون يرتبط حيزه وهو ساكن بمقدار ما يحتويه من المادة ، وكان الأستاذ دى ستر^(٢) من مدينة ليدن^(٣) قد صور الكون فى صورة أخرى تختلف عن صورته عند اينشتين كل الاختلاف ، فقد فرض مثله أن للكون مقدارا محدودا من التقوس تفرضه عليه الخواص المتأصلة فى الفضاء والزمن ، وأن المادة

التي في الكون أضافت له تقوسا آخر ، ولكن لما كانت المادة موزعة في الكون توزيعا شحيحا ، فإن هذا التقوس الإضافي قليل الأهمية إذا وازناه بالتقوس الناتج عن طبيعة الفضاء والزمن . وعندما درس دى ستر خواص الكون الذي تصوره دراسة رياضية وجد هو أيضا أن فضاءه يميل إلى التمدد والتقلص وأن كل ما فيه من أجرام تميل إلى الاندفاع لكي تتقارب أو تتباعد .

وقد بدت في أول الأمر صورة الكون التي تخيلها دى ستر كأنها تعارض الصورة الأولى التي تخيلها اينشتين ، ولذلك قنع العلماء الرياضيون بالانتظار حتى يستجد ما يحسم الخلاف بينهما . ولكن أبحاث لميتر تدل الآن على أن الصورتين أقرب إلى التتام منهما إلى التعارض ، فكلما تمدد كون اينشتين غير الشابت شحت المادة الموجودة فيه بالتدريج ، حتى ينتهي به الأمر الى أن يصير كونا خاليا مثل الكون الذي تصوره دى ستر . ويحق لنا أن نتصور كون اينشتين وكون لميتر كأنهما يقعان عند طرفي سلسلة ، ولكننا نخطئ اذا تصورنا كلا منهما يندفع في اتجاه مضاد لاتجاه الآخر ، بل كل ما في الأمر أنهما يمثلان حدى كويني محتمل وجودهما ، وأن الكون الذي يبدأ من طرف السلسلة الذي فيه كون اينشتين أو قريبا منه ينزلق حتما شيئا فشيئا على طول السلسلة نحو الطرف الذي فيه كون دى ستر . فاذا فكرنا في بناء كوننا على هذه الأسس لم يكن السؤال الذي يواجهنا هو : في أي الطرفين يقع هذا الكون ؟ بل على أي مسافة من أحد الطرفين يقع ؟

ويتشابه هذان الكونان المثالان الموجودان في طرفي السلسلة ، في أن الأجسام الموجودة في كل منهما يجب أن تكون إما مندفعة بعضها عن بعض

أو مندفعة بعضها إلى بعض . ويصدق هذا على طول السلسلة كلها لا على طرفيها فحسب ؛ فإذا كان الكون مبنيًا طبقًا لنظرية النسبية ، ويكاد لا يكون ثمة شك في أنه كذلك ، فلا بد أن تكون أجسامه كلها آخذة في الاقتراب أو الابتعاد .

وهذه النتائج من الأهمية بمكان ، فقد لوحظ منذ عدة سنوات أن السدم الحلزونية البعيدة تندفع متباعدة عن الأرض كما تدل على ذلك جميع مظاهرها ، ولذلك يظن أيضًا أنها تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مريعة تزداد كلما تعمقنا في الفضاء ؛ وقد وجد أن آخر ما رصد من السدم في جبل ^(١) ولسن ، وهو سديم يبعد من أبعد السدم التي يمكن رصدها باستخدام المنظار الكبير الذي قطر مرآته مائة بوصة — قد وجد أن هذا السديم يبتعد عن الأرض بسرعة مريعة قدرها ١٥٠٠٠ ميل في الثانية . ودرس كل من الدكتورين هبل ^(٢) وهوماسون ^(٣) هذا الموضوع دراسة خاصة على جبل ولسن ، فوجدوا أن السرعات التي تبتعد بها السدم عنا تتناسب على وجه التقريب مع أبعاد المسافات التي بيننا وبين هذه السدم ، وهو ما يجب أن يكون إذا صحت آراء نظرية النسبية في نظام الكون ، وقد وجد أن سرعة السديم الذي يصل إلينا ضوءه في عشرة ملايين من السنين تقرب من ٩٠٠ ميل في الثانية ، كما وجد أيضًا أن سرعات السدم الأخرى تتناسب تناسبًا تقريبيًا ، إن لم يكن تامًا ، مع أبعادها ؛ فقد وجد مثلاً

التي في الكون أضافت له تقوسا آخر ، ولكن لما كانت المادة موزعة في الكون توزيعا شحيحا ، فإن هذا التقوس الإضافي قليل الأهمية إذا وازناه بالتقوس الناتج عن طبيعة الفضاء والزمن . وعندما درس دى ستر خواص الكون الذي تصوره دراسة رياضية وجد هو أيضا أن فضاءه يميل إلى التمدد والتقلص وأن كل ما فيه من أجرام تميل إلى الاندفاع لكي تتقارب أو تتباعد .

وقد بدت في أول الأمر صورة الكون التي تخيلها دى ستر كأنها تعارض الصورة الأولى التي تخيلها اينشتين ، ولذلك قنع العلماء الرياضيون بالانتظار حتى يستجد ما يحسم الخلاف بينهما . ولكن أبحاث لميتر تدل الآن على أن الصورتين أقرب إلى التتام منهما إلى التعارض ، فكلما تمدد كون اينشتين غير الثابت شحت المادة الموجودة فيه بالتدريج ، حتى ينتهي به الأمر الى أن يصير كونا خاليا مثل الكون الذي تصوره دى ستر . ويحق لنا أن نتصور كون اينشتين وكون لميتر كأنهما يقعان عند طرفي سلسلة ، ولكننا نخطئ اذا تصورنا كلا منهما يندفع في اتجاه مضاد لاتجاه الآخر ، بل كل ما في الأمر أنهما يمثلان حدى كونين محتمل وجودهما ، وأن الكون الذي يبدأ من طرف السلسلة الذي فيه كون اينشتين أو قريبا منه يتزاق حتما شيئا فشيئا على طول السلسلة نحو الطرف الذي فيه كون دى ستر . فاذا فكرنا في بناء كوننا على هذه الأسس لم يكن السؤال الذي يواجهنا هو : في أى الطرفين يقع هذا الكون ؟ بل على أى مسافة من أحد الطرفين يقع ؟

ويتشابه هذان الكونان المثالان الموجودان في طرفي السلسلة ، في أن الأجسام الموجودة في كل منهما يجب أن تكون إما مندفعة بعضها عن بعض

أو مندفعة بعضها إلى بعض . ويصدق هذا على طول السلسلة كلها لا على طرفيها فحسب ، فإذا كان الكون مبنيًا طبقًا لنظرية النسبية ، ويكاد لا يكون ثمة شك في أنه كذلك ، فلا بد أن تكون أجسامه كلها آخذة في الاقتراب أو الابتعاد .

وحده النتائج من الأهمية بمكان ، فقد لوحظ منذ عدة سنوات أن السدم الحلزونية البعيدة تندفع متباعدة عن الأرض كما تدل على ذلك جميع مظاهرها ، ولذلك يظن أيضًا أنها تبتعد بعضها عن بعض بسرعات مروعة تزداد كلما تعمقنا في الفضاء ، وقد وجد أن آخر ما رصد من السدم في جبل^(١) ولسن ، وهو سديم يعد من أبعد السدم التي يمكن رصدها باستخدام المنظار الكبير الذي قطر مرآته مائة بوصة — قد وجد أن هذا السديم يبتعد عن الأرض بسرعة مروعة قدرها ١٥٠٠٠ ميل في الثانية . ودرس كل من الدكتورين هبل^(٢) وهو ماسون^(٣) هذا الموضوع دراسة خاصة على جبل ولسن ، فوجدوا أن السرعات التي تبتعد بها السدم عنا تتناسب على وجه التقريب مع أبعاد المسافات التي بيننا وبين هذه السدم ، وهو ما يجب أن يكون إذا صححت آراء نظرية النسبية في نظام الكون ، وقد وجد أن سرعة السديم الذي يصل إلينا ضوءه في عشرة ملايين من السنين تقرب من ٩٠٠ ميل في الثانية ، كما وجد أيضًا أن سرعات السدم الأخرى تتناسب تناسبًا تقريبيًا ، إن لم يكن تامًا ، مع أبعادها ، فقد وجد مثلاً

أن ضوء السدم المرسومة في لوحة رقم ١ يصل إلينا بعد خمسين مليوناً من السنين، وأن هذه السدم تبعد عنا بسرعة تقرب من ٤٥٠٠ ميل في الثانية.

وهذه الأرقام عظيمة الأهمية، لأننا إذا تتبعنا راجعين إلى الوراء طريقها الذي سارت فيه، والذي يمكن استنباطه من هذه الأرقام، أدى بنا ذلك إلى أن جميع السدم كانت لا بد محتشدة بالقرب من الشمس منذ وقت لا يزيد على بضعة آلاف من ملايين السنين، وهذا كله يرجح أننا نعيش في كون يمتد، وأنه بدأ يمتد منذ عهد قريب لا يزيد على آلاف قليلة من ملايين السنين.

ولو كان هذا هو مبلغ علمنا عن هذه المسألة لصعب علينا أن نحدد أعمار النجوم بملايين الملايين من السنين، لأن الذي يفهم منه ضمناً أن السدم كانت كلها محتشدة في مكان واحد، أو أنها تتجه كلها صوب منطقة صغيرة من مناطق الفضاء، وظلت كذلك ملايين الملايين من السنين؛ وأنها لم تبدأ تنتشر في أنحاء الفضاء إلا حديثاً في غضون الجزء الأخير من الألف جزء من حياتها. فإذا تحقق في نهاية الأمر وجود الحركات التي تبعد بها السدم عنا، فانه يكون من الصعب أن نقدر للكون عمراً يزيد على آلاف قليلة من ملايين السنين.

ولكن لا يزال ثمة مجال كبير للشك في صحة هذه السرعة المروعة، لأننا لم نقدرها عن طريق الملاحظة المباشرة، بل استنبطناها استنباطاً باستخدام قاعدة تعرف بقاعدة دبلر^(١)، وتفصيلها أن من المشاهدات المألوفة أن

الصوت الذى يحدثه بوق سيارة مبتعدة عنا يكون أعمق طبقة (أى أغلظ) منه والسيارة مقتربة منا ؛ وطبقا لهذه القاعدة نفسها يظهر ان الضوء المنبعث من جسم يبتعد عنا أشد حمرة من لون الضوء المنبعث من جسم يقترب منا ، واللون فى الضوء يقابل الطبقة (الدرجة) فى الصوت ، فيستطيع الفلكي إذن بتقديره تقديرا دقيقا لون الخطوط فى طيف واضح جد الوضوح أن يعرف هل الجسم الذى يصدر عنه هذا الطيف يقترب منا أو يبتعد عنا ، كما يستطيع أن يقدّر سرعة حركته . والسبب الوحيد الذى يضطرنا إلى الظن بأن السدم البعيدة تبتعد عنا هو أن الضوء الذى يصل إلينا منها يظهر أشد حمرة مما يجب أن يكون فى الأحوال العادية .

غير أنه توجد عوامل أخرى غير السرعة تؤثر فى حمرة الضوء ؛ فنقل الشمس يكفى وحده للتأثير فى حمرة ضوءها ، وتزداد حمرة أيضا بسبب ضغط جو الشمس ، وكذلك يزيد من حمرة مروره فى جو الأرض ، كالذى نشاهده عند شروق الشمس وغروبها ، وإن كانت هذه الزيادة تحصل بطريقة تخالف الطريقتين السابقتين . ويحمر الضوء المنبعث من نوع آخر من النجوم بطريقة غامضة لم نفهمها بعد . وفوق هذا وذاك فإن المسافة وحدها ، طبقا لنظرية دى ستر فى الكون ، تكفى لأن تسبب احمرار لون الضوء ، ولذلك تظهر أضواء السدم البعيدة حمراء حمرة غير عادية ، حتى لو كانت هذه السدم ساكنة غير متحركة فى الفضاء . وقد يحملنا هذا على أن نستنتج أن هذه السدم تبتعد عنا . وليس بين هذه الأسباب كلها سبب يكفى لتفسير ما يشاهد من حمرة فى ضوء السدم ، غير أن الدكتور زويكى^(١)

وهو أحد المشتغلين في معهد كليفورنيا^(١) قد ارتأى حديثاً أن هناك سبباً آخر لاجتماع الضوء هو قوة جذب النجوم والسدم للضوء المار بجوارها، كما يحدث الجذب نفسه ما يشاهد من انحناء ضوء النجوم في أثناء كسوف الشمس. وقد أثبت التجارب التي أجراها كبتون (انظر ص ٤١) أن الأشعة تنحرف وتحمّر أيضاً عندما تصطدم بكهارب في الفضاء. ومن المعروف أن الأشعة تنحرف عندما تتبادل الجذب مع النجوم أو مع غيرها من المواد الأخرى في الفضاء، وفي رأى زويكي أن هذا الانحراف يصحبه احمرار أيضاً.

ولاختبار صحة هذا الرأى فخص تن بروجنيكيت^(٢) عن الضوء المنبعث من مجموعات كرية مختلفة تكاد أبعادها عنا تتساوى، ولكنها اختيرت بحيث تكون مقادير المواد الجاذبة التي تتخللها مختلفة جداً لاختلاف فلاح الضوء المنبعث منها محراً، ولو أن تمدد الفضاء كان السبب في هذا الاحمرار لوجب أن يكون واحداً في الجميع كلها، ولكن تحقق أن اللون بعيد جداً عن أن يكون منتظماً في الجميع وأنه قريب التناسب جداً مع مقادير المواد التي تتخللها، وهذا هو ما تتطلبه نظرية زويكي بالضبط. وقد ثبت كذلك أن مقدار الاحمرار المشاهد يتفق جداً الاتفاق مع ما تنبأ به قانون نظرية زويكي. ولما كان من الصعب أن نتصور أن المجموعات الكرية التابعة للنظام النجمي في مجرتنا يمكن أن تبعد عنا بنظام واحد،

California Institute (١)

P. ten Bruggencate (٢) هو عالم هولندي وكلمة ten باللغة الهولندية أداة نسب وهي

مثل كلمة von الألمانية.

فإن هذا يضعف كثيرا من افتراضنا أن السدم الحلزونية تباعد عنا أيضا ، وبخاصة لأن في نظرية زويكي تفسيراً محتملاً لظاهرة احمرار الضوء الذي نشاهده .

وتوجد أدلة أخرى على أن حركات الابتعاد التي نعزوها للسدم قد تكون غير حقيقية ، فالضوء الذي ينبعث مثلاً من أقرب السدم إلينا ليس أشد حمرة بل أشد زرقة من اللون المعتاد . ولما كان الضوء لا يزيد زرقة إلا إذا كان منبعه يقترب منا ، فإن هذه الزرقة تدل على أن أقرب السدم إلينا يتجه في حركته نحونا . وفوق ذلك فإن السرعة الظاهرة التي تتحرك بها السدم لا تتناسب بالضبط مع أبعادها عنا ، فالسدم التي يظن أنها على أبعاد متساوية منا تقدر بسبعة ملايين من السنين الضوئية ، تتحرك سرعاتها بمتوسط ٢٤٠ ميلاً في الثانية عن سرعة كلية مقدارها ٦٤٠ ميلاً في الثانية .

على أنه إذا صح أن بناء الكون قد حدث بالطريقة التي بسطانها ، وجب أن تكون السدم بوجه عام آخذة من غير شك في الابتعاد عنا ، وهذا ما تتطلبه الاعتبارات النظرية وما لا ترضى بأقل منه ، ولكن هذه الاعتبارات النظرية لا تذكر لنا شيئاً عن السرعات التي تتحرك بها السدم . وليست بحوث زويكي وتن بروجنيكيت مما يلقي ظلاً من الشك على صحة حركاتها الابتعادية . أما الذي تدعو هذه البحوث إلى الشك فيه فهو : هل هذه الحركة هي نفسها التي استنبطها الفلكيون من احمرار خطوط أطيفها ؟ وقد يعزى معظم هذا الاحمرار إلى الأثر الذي يشير إليه زويكي ، أو إلى سبب آخر مماثل ، ولا تبقى منه إلا بقية صغيرة ناشئة من حركة

الابتعاد الحقيقية ، وليس من المستطاع قياس سرعة هذه الحركة ، لأن الأثر الكبير يطنى طغيانا كاملا على الأثر الضئيل .

على أن باب المناقشة فى هذه المسألة لا يزال مفتوحا ، ولكنا إذا سلمنا بأن معظم حركات الابتعاد الظاهرية ليست حقيقية ، فعندئذ تسقط حجة الذين يقدرون للنجوم أعمارا صغيرة ، ونصير فى حل من أن نعزو للنجوم أعمارا طويلة تقدر بملايين الملايين من السنين ، وهى الأعمار التى يلوح أن الأدلة الفلكية العامة تتطلبها .

ويفهم من هذه الشواهد العامة أن الشمس ظلت بضعة ملايين من السنين تقذف جزءا من كتلتها فى شكل إشعاع بمعدل ٢٥٠ مليوناً من الأطنان فى الدقيقة . وقد أثبتت التقديرات المفصلة أن كتلة الشمس فى حداثة تكوينها كانت من غير شك قدر كتلتها الحاضرة أضعافا مضاعفة ، وهذا يطابق ما تبثته الملاحظة من أن كتلة النجوم الحديثة السن أكبر من كتلة النجوم المتقدمة السن مرات كثيرة ، ولكن فى أية صورة استطاعت الشمس أن تحترق كل الكتلة التى فقدتها منذ نشأتها على شكل إشعاع ؟

إن كتلة السكون فى الكهرب أو فى أى جسم مكهرب آخر هى فى العادة أكبر جدا من كتلة طاقته ، ويبلغ مقدار هذه الكتلة الثانية أقصاه فى درجات الحرارة المرتفعة ، ودرجة الحرارة عند مركز الشمس تبلغ حوالى ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة ، وحتى فى هذا الجزء منها تكون كتلة السكون هى الكتلة الكلية إلا $\frac{1}{1000000}$ منها . وأكبر الظن أن

حرارة الشمس في حداثة تكوينها لم تكن أعلى من تلك الدرجة كثيرا ، ولذلك يرجح أن يكون الجزء الأكبر من كتلة الشمس الأولى هو كتلة سكونها . فاذا صح هذا الرأي لم تكن له سوى نتيجة واحدة وهي أن الشمس الأولى كانت تحتوي على عدد من الكهارب والبروتونات ، ومن الذرات تبعا لذلك ، يفوق كثيرا ما تحتويه منها الآن ؛ وليس ثمة سوى طريقة واحدة اختفت بها هذه الذرات ، فلا بد أنها قد فنت وتحولت كتلتها الى كتلة إشعاع أخذت تبعثه الشمس طول عمرها المديد ، الذي يقدر بملايين الملايين من السنين .

وقد يظن أن في هذا التدليل شيئا من الضعف ، لأنه يتصل بصور فكرية بعيدة كل البعد عن نطاق علم الطبيعة الذي نستمد منه معاملنا الأرضية ، ولكن من حسن الحظ أن هذا العلم قد استطاع أخيرا أن يحصل على أدلة تؤكد تأكيد كيدا له قيمته أن فناء المادة يقع بالفعل في نطاق واسع جدا في أعماق الفضاء ، وإن تكن هذه الأدلة بعيدة كل البعد عن أن تكون أدلة قاطعة .

ولسنا نتوقع أن نجد الدليل المباشر على حدوث فناء مستمر للمادة في أعماق النجوم ، لأن الإشعاعات التي تنتجها عملية الإفناء لا تستطيع أن تجتاز إلا مسافات قصيرة قبل أن تمتصها المادة التي تتكون منها النجوم ، فينشأ عن ذلك ارتفاع درجة حرارتها ارتفاعا ينتج عنه طاقة تبعثها النجوم في النهاية في شكل ضوء وحرارة من النوع المألوف لنا تماما .

ويدل التحليل الرياضي للحقائق الفلكية على أن عملية إفناء الذرات قد يحتمل أن تكون بطريقة تلقائية ، كالطريقة التلقائية التي تتفكك بها

المواد ذات النشاط الإشعاعي . فإذا صح هذا الرأي ، فلن تكون العملية مقصورة على الأجزاء الداخلية الحارة في باطن النجوم ، بل يجب أن تحدث حيثما وجدت مادة فلكية بوفرة كافية .

والعملية في أبسط أشكالها تتلخص في أن يحدث فناء كهرب وبروتون في آن واحد . ويمكن أن نوضح الصورة إذا تخيلنا أن هذين الجسيمين المكهربين يندفعان معا ، كل منهما نحو الآخر ، بتأثير قوة الجذب المتبادل بينهما ، بسرعة تزايد باستمرار حتى يندمجا في النهاية ، فتتبادل حينئذ شحتهما ، وتنطلق طاقتاهما المجتمعتان ، على شكل ومضة واحدة من الإشعاع : هي "ضوءة" من النوع الذي سبق شرحه (انظر ص ٣٩)

ولقد عرفنا فيما سبق (انظر ص ٥٥) كيف أن الكتلة « لا تفنى » عند ما تبعث الذرة إشعاعا ، ذلك بأن الذرة تفقد جزءا معينا من كتلتها ، ولكن هذا الجزء لا يفنى بل تتحمله الضوء وتتكون منه كتلتها ، فإذا أفنى بروتون وكهرب كل منهما الآخر ، فإن الضوء الناتجة عن هذا الفناء يجب أن تكون لها كتلة مساوية لمجموع كتلتي البروتون والكهرب اللذين اختفيا . وقد أصبح في استطاعتنا أن نقدر كتلة البروتون والكهرب بدقة كبيرة ، لأنها تساوى كتلة ذرة الأيدروجين بالضبط . فإذا صح أن فناء المادة أمر محقق ، وجب أن يذرع الفضاء عدد جم من الضوءات ، تساوى كتلة الضوء منها كتلة ذرة الأيدروجين ، ولا بد أن يسقط على الأرض بعض هذه الضوءات .

وقد يكون ثمة نوع آخر من الضوءات أكبر كتلة من هذه الضوءات التي وصفناها هنا ، لأننا نستطيع أن نتصور إفناء أى نوع من أنواع الذرات إفناء فجائيا ، يطلق بسببه كل طاقته فى شكل ضوءة كتلتها مساوية لكتلة الذرة كلها . ومن بين الاحتمالات الممكنة احتمال يستحق عناية خاصة ، ذلك أننا وإن كنا نعتقد أن المادة فى النهاية تتكون من بروتونات وكهارب ، فإنه يوجد تكوين متضام ومتماسك مكون من أربعة بروتونات وكهرين ، وهو تكوين يمكن أن يعدّ وحدة جديدة مستقلة . وهذا التكوين مشاهد بوضوح فى الإشعاع المنبعث عن المواد ذات النشاط الإشعاعى ، ويعرف عادة باسم جسيم ألفا . وتتكون ذرة الهليوم ، وهى أبسط ذرة بعد ذرة الأيدروجين ، من جسيم واحد من جسيمات ألفا ومن كهرين يدوران حولها . ولما كان بجسيم ألفا من الكهرباء بقدر ما فى اثنين من البروتونات ، فإن إفناءه قد يتم باندماجه مع كهرين ، وفى هذه الحالة تكون كتلة الضوء الناتجة مثل كتلة ذرة الهليوم .

وتكون كتلة كل ضوءة من هذين النوعين كبيرة جدا لدرجة لا تقاس بها كتلة ضوءة أى نوع من أنواع الإشعاع العادى ، ولذلك يجب أن يكون من السهل التعرف عليها على الفور . ويمكن تشبيه الضوءات برصاصات تتحرك بسرعة منتظمة ، هى سرعة الضوء . فإذا أطلق عدد من الرصاصات من بندقية بسرعة واحدة فإن أكبر الرصاصات كتلة تكون أقدر من غيرها على التدمير كما تكون أقدر من غيرها على النفاذ . وهذا يحدث بالضبط لطائفة من الضوءات المختلفة النوع ، فالضوءات ذات الكتل الكبيرة تكون أقدر من غيرها على النفاذ . ويوجد قانون رياضى يساعدنا على تقدير قوة

نفاذ الضوء اذا عرفنا كتلتها ؛ ومنه نعرف أن الضوءات التي تساوى كتلتها كتلة ذرة الأيدروجين أو ذرة الهليوم ذات قدرة على النفاذ هائلة .

تحدثنا فيما سبق عن قوة النفاذ العظيمة التي تمتاز بها أشعة تسمى عادة "الأشعة الكونية" تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى ، وتستطيع أن تخترق عدة ياردات من معدن الرصاص . وقد ظلت هذه الأشعة الكونية زمنا طويلا لا يعرف أهي أشعة حقة أم تتكون من سيل من الكهارب ؛ وبقى الوجه الأول أكثر احتمالا على الدوام ؛ لأنها لو كانت كهارب لوجب أن تتحرك بطاقة عظيمة لا يكاد يتصورها العقل ، كي تستطيع أن تشق طريقها خلال عدة ياردات من معدن الرصاص قبل أن تضطر إلى السكون .

ويلوح الآن أن المسألة قد حلت ، فان وابلا من الكهارب عند ما يسقط على الأرض من الفضاء الخارجى يتعثر فى مجال الأرض المغنطيسى تعثرا يؤثر فى حركته . فلو أن الكهارب كانت تتحرك بسرعة تكفى لأن تكسبها قوة النفاذ التي نعرفها عن الأشعة الكونية لانحرف سيلها كله تقريبا عن طريقه ، ووقع على الأرض بالقرب من أحد قطبيها المغنطيسيين ، كما تدل على ذلك التقديرات الحسابية . ولكن الأشعة الكونية لا تقع على القطبين دون غيرها من بقاع الأرض ، فقد قام علماء مختلفون بأبحاث فى أماكن مختلفة على سطح الأرض ، فوجدوا أن شدة هذا الإشعاع واحدة فى كل مكان ؛ مثال ذلك أن بعثة بريطانيا وأستراليا ونيوزيلنده (١) التي تعمل فى المنطقة الجامدة الجنوبية قد وجدت أن شدته واحدة فى منطقة تنتشر

حول القطب الجنوبي المغنطيسي للأرض على بعد ٢٥٠ ميلا منه ؛ وقد وصل إلى هذه النتيجة نفسها راصدون آخرون في مناطق أخرى بعيدة عن القطبين . وهذا يبرر اعتقادنا الأكيد بأن "الأشعة الكونية" أشعة حقيقية ، وأنها ليست مجرد وابل من الكهارب ؛ ومن هذا نستطيع باستخدام القانون السالف الذكر أن نحسب كتلة ضوءات هذه الأشعة ، إذا عرفنا قوة نفاذها التي يمكن رصدها .

وقد درست قوة النفاذ لهذه الأشعة بعناية فائقة ومهارة بالغة ، وقام بذلك الأستاذ مليكان (١) وزملاؤه في باسادنا (٢) والأستاذ ريجنر (٣) من مدينة ستيجارت (٤) وكثيرون غيرهم ، فوجدوا كلهم أن الأشعة المذكورة خليط من عدة مكونات لها قدرة على النفاذ مختلفة ، أو خليط من ضوءات ذات كتل مختلفة ، وكلا التعبيرين يعني ما يعنيه الآخر . ومن الأمور العظيمة الدلالة أن المكونين اللذين لها أكبر قدرة على النفاذ يتركبان من ضوءات ، وأن كتلة الضوء من أحدهما تساوى كتلة ذرة الهليوم ، وكتلة الضوء من ثانيهما تساوى كتلة ذرة الأيدروجين ؛ حسبما وصل إليه علمنا . ومعنى هذا أنهما من نوع الضوءات التي نتوقع أن نجدها لو أن البروتونات وجسيمات ألفا كانت تفتنى في مكان ما في أعماق الفضاء البعيدة ، بحيث تفتنى الأولى مع ما يلزم لها من الكهارب المفردة لتبطل أثر شحناتها ، وتفتنى الثانية مع ما يلزم لها من أزواج الكهارب لتبطل أثر شحناتها أيضا .

Pasadena. (٢)

Stuttgart. (٤)

(٤)

Prof. R.A. Millikan. (١)

Prof. E. Regener. (٣)

ويجب أن نذكر هنا أنه لا يمكن قياس كل الضوءات بدقة تامة ،
ولذلك لا نستطيع أن نقول عن ثقة إن مقادير هذه الكتل تطابق بالضبط
المقادير التي نتوقعها بعد عملية الفناء الذي أشرنا إليه ، ولكن تطابقها يقع
في حدود ما تسمح به المشاهدات الصحيحة ، فهو في كل حالة يتفق معها
في حدود ٥ ٪ من الخطأ ، وليس من الميسور قياس قدرة نفاذ إشعاع
لأقرب من هذه النسبة من الصحة . على أن هذا التطابق يبلغ حدًا من
الإتقان لا يجوز معه إغفاله بحجة أنه مجرد اتفاق عارض ، ولذلك يحتمل
جدا أن يكون منشأ هذا الإشعاع فناء البروتونات والكهارب فناء فعليًا .

على أن الأمر لم يخرج بعد من دائرة الجدل العلمي ، ولم يصبح الرأي
الذي أوضحته الآن مسلما به من جميع علماء الطبيعة . فالأستاذ مليكان بوجه
خاص يقول إن منشأ الأشعة الكونية قد يكون عملية بناء الذرات الثقيلة
من ذرات خفيفة أبسط منها ، ويتخذ من ذلك دليلا على " أن الخالق
لا يزال مجدا في عمله " . ولنشرح هنا أبسط الحالات فنقول إن ذرة
الهلوم تحتوي على مكونات أربع ذرات من الأيدروجين بالضبط -
أي أربعة كهارب وأربعة بروتونات - ولكن كتلة ذرة الهلوم لا تساوي
غير كتلة ٣,٩٧ من ذرات الأيدروجين ، وقياسا على هذا ، إذا اندمجت أربع
ذرات أيدروجين بطريقة ما لتكون منها ذرة هلوم ، فإن الكتلة الزائدة
وهي كتلة ٠,٠٣ من ذرة الأيدروجين تتحول إلى إشعاع يجوز أن ينطلق
في صورة ضوء كتلتها ٣ ٪ من كتلة ذرة الأيدروجين . غير أننا غير واثقين من
انطلاق هذه الضوء ، لأنه إذا صح أن تتحد أربع ذرات من ذرات
الأيدروجين لتكوّن منها ذرة من الهلوم فإن المحتمل أن يحدث هذا على

خطوات متعددة ، فينطلق عدد من الضوءات الصغيرة المتعاقبة ، بدلا من أن تنطلق ضوئة واحدة كبيرة . على أنه حتى إذا فرض أن الطاقة المتحررة كلها قد كونت ضوئة واحدة كبيرة فإن قدرة نفاذها تكون أقل من قدرة نفاذ الأشعة الكونية التي نعرفها . أما إذا اجتمعت ١٢٩ ذرة من ذرات الأيدروجين ، وكونت ذرة واحدة من الزينون نتيجة لاضطراب هائل كبير فإن كتلة الضوئة الواحدة التي تنبعث من هذه العملية تكون مثل كتلة ذرة الأيدروجين تقريبا ، ويكون لها من قوة النفاذ ما يقرب من قوة نفاذ المكون الثانى من مكونات الأشعة الكونية التي نعرفها ، وهو الذى يلى المكون الأول فى شدة نفاذه . وعلى أساس هذا رأى فى أصل الإشعاع المذكور يمكن تفسير منشأ المكونات الأقل قدرة على النفاذ ، تفسيراً طبيعياً سهلاً بأنها ناتجة من عمليات تركيب الذرات الأقل تعقيداً فى تركيبها من الزينون . لكن أقدر مكونات الإشعاع كلها على النفاذ تخلق مشكلة تحوطها صعب عظيمة لا يمكن التغلب عليها ، ذلك أنه إذا كانت ضوءاته ناتجة من اندماج عدة ذرات من الأيدروجين لتتكون منها ذرة واحدة كبيرة ، فلا بد من أن يكون الوزن الذرى لهذه الذرة الواحدة قريباً من ٥٠٠ ، وهذا أمر يلوح أنه خارج عن نطاق جميع حدود الاحتمال ، كما يلوح أيضاً أنه لا يحتمل أن ينتج ثانى المكونين قدرة على النفاذ من تركيب ذرات الزينون أو ذرات أى عنصر آخر له مثل وزنه الذرى ، لأن مثل هذه الذرات كلها نادرة الوجود جداً . ومهما يكن منشأ المكونات القليلة النفاذ ، فإننى أعتقد أنه ليس من الميسور أن نعزو منشأ المكونين الأشد نفاذاً إلى سبب آخر غير فناء المادة ينال حظاً وافراً من القبول .

ومقدار ما يصل إلى الأرض من هذا الإشعاع عظيم جدا ، قدره مليون
وكمرون^(١) بما يقرب من عشر ما يصدر من نجوم السماء جميعها ماعدا الشمس
بطبيعة الحال . وما من شك في أن مقدار الإشعاع الشديد النفاذ الموجود
في أعماق الفضاء السحيقة فيما وراء المجرة موفور بمقداره على سطح الأرض
تقريبا ، ولكن ضوء النجوم هناك أقل وفرة من هذا الإشعاع ، ولذلك
يكون هذا الإشعاع القوي هو على الأرجح أكثر أنواع الإشعاع كلها وجودا
إذا أخذ متوسطها في الفضاء بجملة .

ويعزى سبب وجود هذا الإشعاع بمقادير كبيرة إلى قدرته العظيمة على
النفاذ . وتكاد هذه القدرة تحبوه بميزة الخلود ، حتى تستطيع حزمة منه أن
تسير في الفضاء ملايين الملايين من السنين دون أن تقابل من المادة
ما يمتص منها قدرا محسوسا ، ولهذا يجب أن ننظر إلى الفضاء على أنه مشبع
بجميع مقادير الإشعاع التي أخذت تتكون فيه منذ خلق العالم ، وتصل إلى
أشعته كأنها رسل ليست قادمة من أعماق الفضاء السحيقة فحسب ، بل
من أعماق الزمن السحيقة أيضا . فإذا قرأنا رسالتها على الوجه الصحيح
خيل إلينا أنها تخبرنا بأن في منطقة من المناطق السحيقة ، وفي فترة من
فترات الزمن من تاريخ الكون ، قد فنى جزء من المادة ولم يكن فناءه بمقادير
صغيرة ، بل بمقادير هائلة مروعة .

وإذا أخذنا بالدليل الفلكي في تقدير أعمار النجوم ، وبالدليل الطبيعي
على شدة قوة الإشعاع النفاذية ، على اعتبار أنهما يقرران معا أن المادة

يمكن إفنائها حقيقة ، أو على الأصح تحويلها إلى إشعاع ، فإن هذا التحويل يصبح إحدى العمليات الأساسية في الكون ، وتنبذ عندئذ فكرة عدم فناء المادة نبذا تاما من نطاق العلم ، وتصبح فكرة عدم فناء الكتلة وعدم فناء الطاقة شيئا واحدا . وعلى هذا تستحيل قوانين عدم الفناء الثلاثة الكبرى : عدم فناء المادة ، وعدم فناء الكتلة ، وعدم فناء الطاقة — إلى قانون واحد ، هو أن ثمة جوهر أساسيا بسيطا يتشكل بصور مختلفة أحصاها المادة والإشعاع ، وأن هذا الجوهر لا يفنى مهما تعددت التغيرات ، ويتكون من مجموع هذا الجوهر جميع ما في الكون من نشاط لا يتغير مجموعه الكلي ولكنه يغير دائما من خاصيته ؛ ويلوح أن هذا التغير هو العملية الأساسية التي تحدث في الكون الذي يؤلف موطننا المادي . ويلوح لي أن كل ما لدينا من شواهد يدل على أن هذا التغير يتجه دائما في اتجاه واحد إذا استثنينا حالات قليلة غير هامة ، فالأجسام الصلبة دائبة التحول إلى إشعاعات غير مادية ، والملموس دائم التحول إلى شيء غير ملموس .

وقد بحثنا هذه الآراء بحثا مستفيضا إلى حد ما ، لأنها كما يتضح للقارئ ذات علاقة خاصة بتركيب الكون الأساسي ؛ فقد مررنا في الفصل السابق كيف أرجعت الميكانيكا الموجية الكون كله إلى مجموعات من الموجات ، وكيف أن الكهارب والبروتونات تتكون من نوع واحد من الموجات ، وكيف أن الإشعاع يتركب من موجات من نوع آخر . ويشير البحث الذي أثبتناه في هذا الفصل إلى أن المادة والإشعاع قد لا يكونان نوعين منفصلين من الموجات لا يستطيع أحدهما أن يتحول إلى النوع الآخر ، بل يجوز أن يحدث هذا التحول بين النوعين ، فيتحول أحدهما إلى الآخر كما تتحول

الشرقة إلى فراشة . ويمكن أن يضاف إلى ماتقدم ما قد يرى بعض العلماء أنه لا بد من إضافته وهو ”وكما نستطيع أن نتصور الفراشة تعود فتتحول إلى الشرقة“ وسيربنا هذا القول فيما بعد (انظر ص ١٦٥) .

وليس معنى هذا بطبيعة الحال أن المادة والإشعاع شئ واحد ، بل إن القول بأن المادة تتحول إلى إشعاع لا يزال له بعض الدلالة ، وإن كانت الفكرة تلوح الآن أقل ثورية مما كانت عندما عرضتها منذ ستة وعشرين عاما ، وليس من السهل أن نشرح الموقف كما هو الآن شرحا دقيقا بلغة غير فنية ، حتى لو كنا نعرف جميع الحقائق الخاصة به معرفة تامة دقيقة ، وهو ما ليس في مقدورنا الآن ؛ ولكننا قد نقرب من الحقيقة بعض القرب إذا تصورنا أن المادة والإشعاع نوعان من الموجات : نوع دائم الدوران في دوائر ، ونوع ينتقل في خطوط مستقيمة ، وتنتقل الموجات الثانية بطبيعة الحال بسرعة الضوء ، ولكن الموجات التي تتكون منها المادة تنتقل بسرعة أبطأ منها ؛ ويرى مُشْرِفَةٌ وآخرون أن هذا قد يكون كل ما بين المادة والإشعاع من فروق ، فليست المادة في رأيهم سوى نوع من الإشعاع المتجمد ينتقل بسرعة أقل من سرعته العادية . وقد رأينا فيما تقدم (انظر ص ٤٦) كيف يقف طول موجة جسم متحرك على مقدار سرعته ، وكيف يكون طول موجة جسم يتحرك بسرعة الضوء مساويا بالضبط لطول موجة ضوء تساوى كتلتها كتلة الجسم المتحرك ؛ وهذه الحقيقة الهامة إذا أضيفت إلى الحقائق الأخرى تقربنا كثيرا من الرأي القائل بأنه قد ثبت في النهاية أن ليس الإشعاع إلا مادة تتحرك بسرعة الضوء ، وأن ليست المادة إلا إشعاعا

يتحرك بسرعة أقل من سرعة الضوء ؛ ولكن العلم لا يزال بعيدا كل البعد عن أن يقول كلمته القاطعة في هذا الموضوع .

وخلاصة هذا الفصل والفصل الذي قبله أن الطبيعة الحديثة تتجه نحو رد مادة الكون كلها إلى موجات ولا شيء غير الموجات ، وأن هذه الموجات نوعان : موجات معبأة أو حبيسة نسميها المادة ، وموجات غير معبأة أو طليقة نسميها إشعاعا أو ضوءا . وليست عملية إفناء المادة إلا مجرد الإفراج عن الطاقة الموجية الحبيسة وإطلاقها حرة تسبح في الفضاء ؛ وهذه الآراء تُرجع الكون كله إلى عالم من الإشعاع ، بعضه كامن موجود بالقوة ، وبعضه ظاهر موجود بالفعل ، ولم يعد يدعو إلى العجب القول بأن الجسيمات الأساسية التي تتكون منها المادة يظهر لها كثير من خواص الموجات .

الفصل الرابع

النسبية والأثير

رأينا أن علم الطبيعة الحديث يرد الكون كله إلى مجموعات من الموجات ،
فاذا تعذر علينا أن نتصور هذه الموجات الا اذا انتقلت في وسط مادي ،
فلنقل إنها موجات تنتقل في أثير واحد أو عدة أثيرات . وأظن أن المرحوم
اللورد سلسبرى ^(١) هو الذى عرّف الأثير بأنه فاعل الفعل ” تموج “ ^(٢) .
فإذا قنعنا بهذا التعريف مؤقتا أجزنا وجود الأثير دون أن نحمل أنفسنا
شططا في فهم طبيعته ، وكذلك يسهل علينا أن نلخص اتجاهات علم الطبيعة
الحديث في عبارة موجزة وهى : أن علم الطبيعة الحديث يعدّ الكون عالما
أو جملة من العوالم الأثيرية ، ومن ثم يجدر بنا أن نزيد من عنايتنا بتعرف
الخواص الطبيعية لهذه الأثيرات المتعددة ، لأن طبيعة الكون على حقيقتها
تكن فيها .

وقد يجمل بنا أن نشبّ هنا نتيجة بحثنا مقدما . وإلى القارئ هذه النتيجة
في إيجاز : أكبر الظن أن الأثيرات وتموجاتها ، أى الموجات التى يتألف
منها الكون ، إنما هى من نسج الخيال . وليس المقصود من هذا القول
أنه لا وجود لها على الإطلاق ، بل إن لها وجودا فى أذهاننا ، وإلا لما

(١) Lord Salisbury (٢) The nominative of the verb “ to undulate ”

كما نبحث فيها الآن . ولأجل أن تكون لهذه الفكرة أو لغيرها من الأفكار وجود في عقولنا يجب أن يكون هناك شيء في خارج عقولنا يدعو إلى وجودها فيها ، وفي وسعنا أن نخلع على هذا الشيء ولو مؤقتا اسم "الحقيقة" ، وهذه الحقيقة هي التي يعنى العلم بدرسها . ولكننا سوف نجد أن هذه الحقيقة تختلف كل الاختلاف عما كان يفهمه علماء الطبيعة منذ خمسين عاما عن الأثير والتموجات والموجات ؛ ولو أننا أخذنا بأقيستهم واستعرنا لغتهم مؤقتا لحكمنا بأن الأثيرات وموجاتها ليست من الحقائق في شيء . ولكننا إذا تدبرنا جميع الحقائق التي لنا بها علم أو خبرة ، وجدنا الأثيرات وموجاتها أصدقها وأثبتها وجودا ، فهي لذلك حقائق بقدر ما ينطبق هذا الوصف في نظرنا على غيرها من الأشياء .

ولقد دخلت فكرة الأثير نطاق العلم منذ قرنين من الزمان أو أكثر ؛ ذلك بأنه لما عجز ما كان معروفا من خواص المادة الكثيفة عن تفسير ظاهرة من الظواهر الطبيعية ، ذلل العلماء ما اعترضهم من صعاب بأن فرضوا وجود أثير يتخلل الكون بأسره ، وأضافوا إليه الخواص اللازمة لتفسير هذه الظاهرة ، وكان هناك ما يدعوهم بنوع خاص إلى أن ينحوا هذا النحو في المسائل التي تتطلب استخدام ظاهرة "التأثير عن بعد" . ذلك بأن القول بأن المادة لا تعمل إلا حيث توجد ، وأنها لا يمكن أن تعمل حيث لا توجد ، يبدو في ظاهره قولاً صحيحاً سليماً ، يصعب على من يقرر عكسه أن يحمل معظم زملائه على أن يأخذوا برأيه . ولقد بلغ من أمر ديكارت (١)

أن قال بأن مجرد وجود الأجسام على مسافات بينها برهان كاف على وجود وسط يتخللها .

ولذلك صار من الصعب على العلماء أن يتجنبوا الالتجاء إلى أثر شامل، حين لا يكون ثمة وسط مادي كثيف ينقل الأثر الآلى ، كأثر مغنطيس في قضيب من الصلب ، أو أثر الأرض في تفاحة ساقطة . وبذلك غزت العلم فكرة الأثير وتسلطت على تفكير العلماء ، فحق بذلك قول مكسويل "اخترعت الأثيرات لتسبح فيها الكواكب ، ولتكون منها جواء كهربائية ومجالات مغنطيسية ، ولتنقل الأحاسيس من جزء من جسمنا إلى جزء آخر ، حتى صار ما امتلأ به الفضاء من أثير أكثر مما يتسع له عدة مرات" ، وتعددت أنواع الأثير في النهاية بقدر ما في الطبيعة من معضلات مستعصية على الحل .

على أنه لم يقو على البقاء في نطاق التفكير العلمى الجدى منذ خمسين عاما سوى نوع واحد من الأثير ، هو ذلك الأثير الحامل للضوء والذي ظن أنه ينقل الإشعاع ؛ وجاء هييجنز^(١) وتوماس ينج وفراداي ومكسويل فزاد كل منهم إيضاح الخواص التي تلزم للأثير حتى يقوم بهذا العمل ، فتصوروه بحرا شبيها في تركيبه بالهلام ، تستطيع الموجات أن تسير فيه كما تسير الاهتزازات والتموجات في الهلام نفسه ؛ ولم تكن هذه الأمواج سوى الإشعاع الذي نعرف الآن أنه يتخذ لنفسه شكلا من أشكال عدة : هي الضوء والحرارة والأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية والموجات الكهربائية المغنطيسية والأشعة السينية وأشعة جاما والأشعة الكونية .

وتثبت ظاهرة "الريغ الضوئي" الفلكية وعدة ظواهر غيرها أنه إذا كان الأثير موجودا حقا فلا بد أن تمر فيه الأرض وغيرها من الأجسام المتحركة دون أن تحدث فيه اضطرابا . وهذا معناه أننا إذا اتخذنا الأرض مكانا نرصد منه الظواهر وجب أن يمر الأثير في بخاج الأرض وغيرها من الأجسام الصلبة من غير أن يعوقه عائق ، كما تمر "الريغ خلال أشجار أجمة" إذا جاز لنا أن نستغير تشبيه تومس ينج ، وهو تشبيه مشهور وإن يكن ناقضا ، ونقول ناقضا لأن الريغ في واقع الأمر تؤثر في الأشجار ، فإن في حركات أوراقها وأفنانها وفروعها ما يدل على شدة الريغ. أما الحركة خلال الأثير فإن في مقدورنا أن نثبت أنها لا تستطيع أن تحدث أى اضطراب مهما قل في الأجسام الصلبة التي تكون ساكنة على الأرض ، أو أن تؤثر في حركاتها إن كانت متحركة ، فليس ثمة حاجة تدعونا إلى أن نضيف مقاومة الأثير إلى مقاومة الهواء عند ما نبحث فيما يعوق السيارة عن السير بسرعة أكبر .

ومعنى هذا أنه إذا كان ثمة أثير ، فسيان أن تهب ريحه علينا بسرعة ميل واحد أو بسرعة ألف ميل في الساعة ، وهذا يطابق نظرية ديناميكية بسطها نيوتن في كتابه البرنكيپيا بقوله :

نتيجة ه : "إن حركات الأجسام في فضاء معين واحدة لا تتغير بعضها بالنسبة إلى بعض سواء كان هذا الفضاء ساكنا أو متحركا بحركة منتظمة في اتجاه مستقيم ولا تصحبها أية حركة دائرية ."

ثم يقول نيوتن :

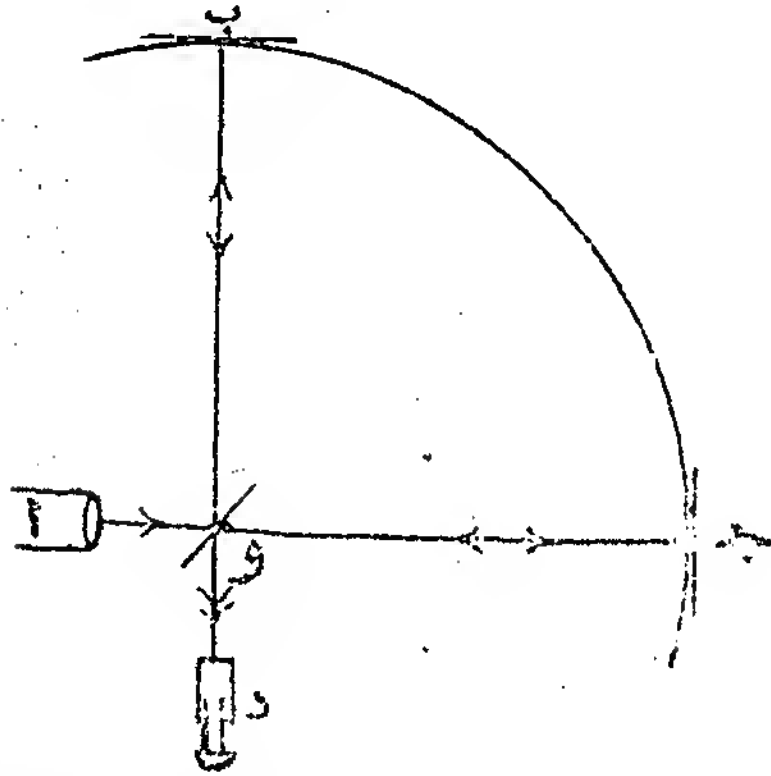
”ونجد البرهان على ذلك واضحاً فيما يحدث على ظهر سفينة ، حيث تجرى كل الحركات على نسق واحد ، سواء كانت السفينة ساكنة أو سائرة بانتظام في خط مستقيم .“

وهذه القاعدة العامة تثبت أنه لا يمكن بحال ما أن تكشف أية تجربة عن سرعة سفينة تسير في بحر هادئ ، إذا أجريت التجربة في السفينة نفسها ولم تتعد حدودها إلى شيء سواها . والحق أن من المشاهدات العادية أننا لا نستطيع ، إذا كان الجو هادئاً ، أن نعرف الاتجاه الذي تسير فيه سفينة من غير أن ننظر إلى البحر نفسه .

ولو كان لرياح الأثير أى أثر في الأجسام الأرضية لدل الاضطراب الذي تحدثه هذه الرياح فيها على سرعة هبوبها ، كما تدل حركات أفنان الأشجار على سرعة هبوب الرياح العادية ، أما والأمر غير ذلك ، فلا بد من أن نلجأ إلى استخدام طرق أخرى .

ومع أن المسافر في البحر لا يستطيع أن يعين سرعة سفينة إذا قصر ملاحظاته عليها ، فإن في استطاعته أن يقدر السرعة إذا سمح له أن يراقب البحر أيضاً ، فإذا أسقط في البحر خيطاً بطرفه مسبار من الرصاص انتشرت مويجة دائرية على سطح الماء ، وكل ملاح يعلم أن نقطة ملتقى الخيط بالماء لا تبقى ثابتة في مركز الدائرة بل يبقى مركز الدائرة حيث هو في الماء وتحرك نقطة الملتقى إلى الأمام ، لأن السفينة تسحبها معها فتبعد هذه النقطة عن مركز الدائرة بسرعة تكشف عن سرعة السفينة نفسها .

فإذا كانت الأرض تشق طريقها في بحر من الأثير ، فإن تجربة تبني على مثل ما تقدم من الأسس يجب أن تكشف عن سرعة حركتها . ولقد وضعت لهذا الغرض نفسه تجربة ميكلسن ^(١) ومورلي ^(٢) الشهيرة ، فكانت الأرض في هذه التجربة هي السفينة ، وكان معمل جامعة كليفلاند في أهير ^(٣) هو نقطة دخول رصاص المسبار في البحر ، واستعيض عن



(شكل ١) رسم يوضح تجربة ميكلسن ومورلي (Michelson-Morley Experiment) : يوجه الضوء من مصدر (أ) إلى المرآة (و) المغطاة لنصفها بالفضة ، وبذلك ينعكس نصف الضوء في اتجاه الخط و ب ، ويستمر النصف الباقي في اتجاه و ج ، الذي يساوي و ب طولاً ، وهو نحو ١٢ ياردة . وعند (ب) ، (ج) توجد مرآتان تعكسان الضوء إلى و ، ثم يمر نصف كل شعاع من الشعاعين في منظار مكبر صغير ، ثم يوازن مقدار الزمن الذي يتأخره أحد الشعاعين عن الآخر بمقدار زمن التأخر الذي يحدث عند ما يدار الجهاز كله زاوية قدرها ٩٠° ، وهذه العملية تزيل أي خطأ يتسبب عما قد يكون بين و ب ، و ج من اختلاف ضئيل جداً في الضول .

E. W. Morley (٢)

A. A. Michelson (١)

University of Cleveland (Ohio) (٣)

ستوط رصاص المسبار بانبعث إشارة ضوئية ، على فرض أن الموجات الضوئية التي تتكون منها الإشارة تسبب المويجات في بحر الأثير .

وليس من المستطاع أن يرصد انتشار المويجات بطريقة مباشرة ، غير أنه يمكن الحصول على معلومات كثيرة إذا ركبت عدة مرايا تعكس الإشارة إلى الموضع الذي أرسلت منه ، وبهذه الطريقة أمكن أن يعين الزمن الذي استغرقه الضوء في اجتياز المسافة ذهابا وإيابا . فلو كانت الأرض ساكنة في الأثير لكان الزمن اللازم لقطع مسافة معينة مرتين ثابتا على الدوام مهما كان اتجاهها في الفضاء ؛ أما إذا كانت الأرض تتحرك في بحر من الأثير متجهة نحو الشرق فإن من السهل أن نرى أن الضوء إذا قطع مسافة مرتين ، ولتكن من الشرق إلى الغرب أولا ثم من الغرب إلى الشرق ثانيا ، يجب أن يستغرق في ذلك وقتا أطول قليلا مما يستغرقه إذا قطع المسافة نفسها من الشمال إلى الجنوب ثم من الجنوب إلى الشمال . وليس في هذه المسألة من المبادئ الغامضة أكثر مما تتضمنه مشاهداتنا في تجاربنا العادية من أن الوقت الذي يقطع فيه قارب ١٠٠ ياردة بالتجديف ضد التيار ، و ١٠٠ ياردة بالتجديف في اتجاه التيار ، أطول مما يتطلبه قطع مسافة قدرها ٢٠٠ ياردة عابرا التيار ؛ ففي الحالة الأولى نبطئ في سيرنا ضد التيار ، ونسرع في سيرنا مع التيار ، ولكن الوقت الذي نكسبه بالتجديف مع التيار لا يعوض الوقت الذي نخسره بالتجديف ضد التيار . وإذا بدأ بحاران يجدفان في وقت واحد وبسرعة واحدة ليقطعا الشوطين ، فإن البحار الذي يجدف عابرا التيار ينتهي من الشوط مبكرا ، ويكشف الفرق بين وقتي وصولهما عن سرعة التيار ، وكان المتوقع أنه بهذه الطريقة عنها سيكشف الفرق بين الزمنين

الذين يقطع فيهما شعاعا الضوء المسافتين في تجربة ميكلسن ومورلى عن سرعة تحرك الأرض في الأثير .

وعلى الرغم من أن التجربة أجريت عدة مرات فانه لم يظهر أى فرق بين الزمنين ، وكانت نتيجة التجربة التى أجريت على أساس الفرض القائل بأن الأرض يحوطها بحر من الأثير أن بدت سرعة الأرض فى هذا البحر الأثيرى معدومة ، ودلت جميع المظاهر على أن الأرض ساكنة على الدوام فى الأثير ، وأن الشمس وسائر أجزاء الكون يدور حولها ، وبدا أن نتائج هذه التجارب سوف ترجع بنا إلى القول بأن الأرض مركز العالم ، كما كان يقال قبل عصر كوبرنيق ^(١) ، وهذا ما لا يمكن التسليم بأنه تفسير صحيح لنتائج هذه التجارب ، لأن المعروف أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة تقرب من ٢٠ ميلا فى الثانية ، وتؤيد ذلك تجارب بلغت من الدقة حدا يستطيع معه قياس جزء من مائة جزء من هذه السرعة .

لذلك اقترح فترجرالد ^(٢) فى عام ١٨٩٣ ولورنتز ^(٣) فى عام ١٨٩٥ ، كلاهما على انفراد ، حلا آخر لهذه المشكلة . وكان المجربون قبلهما قد جعلوا شعاعين من الضوء يبدآن معا ، ليجتازا مسافتين متساويتين ذهابا وإيابا . ولا يغير شيئا من جوهر التجربة أن نتصور أنهم استخدموا فى قياس المسافتين أو الموازنة بينهما قضبان للقياس عادية كالسطر من ذات القدم الواحدة إذا شئنا ، لكن فترجرالد ولورنتز يسألان : كيف عرف أن قضبان القياس أو أن المسافات المقاسة بها قد احتفظت بأطوالها

H. A. Lorentz (٣)

G. F. Fitzgerald (٢)

Copernicus ^(١)

كما هي عند ما كانت تتحرك في بحر الأثير، ولم يكن شأنها في ذلك شأن السفينة في البحر والسيارة في البر : فالبحر يضغط على مقدمة السفينة وهي تسير فيه، فيتسبب عن ضغطه نقص في طولها، وقد يكون نقصا ضئيلا لا يتجاوز كسرا من البوصة، فكأنما السفينة قد انكشيت من أثر ضغطين : ضغط البحر الذي يحاول أن يدفع مقدمتها إلى الخلف، وضغط المحرك الذي يريد أن يدفع مؤخرتها إلى الأمام. وكذلك الحال عند ما تسير السيارة في الهواء، فإنها تنكش من أثر الضغط الذي يحدثه الهواء على حاجب الهواء الأمامي، محاولا أن يدفعها إلى الخلف، ومن دفع العجلات الخلفية التي تحاول دفعها إلى الأمام؛ فإذا كان الجهاز الذي استخدمه ميكلسن ومورلي ينكش بنفس الطريقة فإن المسافة التي يقطعها الضوء ذهابا وإيابا في اتجاه حركة الأرض تكون دائما أقصر من المسافة التي يقطعها في اتجاه عمودي على ذلك الاتجاه الأول. وهذا الانكماش الذي يحدث في طول المسافة المذكورة قد يقلل من أثر العوائق الأخرى التي يلاقيها الضوء أثناء رحلته في اتجاه حركة الأرض ذهابا وإيابا. ولو أن الانكماش كان بالقدر الواجب بالضبط لعوض أثر هذه العوائق كلها تعويضا تاما، ولا ستغرق الضوء في قطعه المسافة في اتجاه سير السفينة وفي الاتجاه العمودي عليه زمنا واحدا بالضبط؛ وقد رأى فترجرالد ولورنتز في هذا ما يصحح أن يكون تعليلا لما أسفرت عنه التجربة من تعادل.

ولم تكن هذه الفكرة خيالية أو فرضية محضة، فقد أثبت لورنتز بعد ذلك بقليل أن نظرية الكهرباء الديناميكية التي كانت شائعة في ذلك الوقت تتطلب حدوث هذا التفاضل بالذات. ومع أن التفاضل في هذه الحالة لا يشبه كل

الشبه تقلصات السفن والسيارات ، فإنه يعطى فكرة لا بأس بها عما يحدث في هذه الظاهرة . وقد أوضح لورنتز فعلا أنه إذا كانت المادة في تركيبها كهربائية محضه وايس فيها إلا جسيات مشحونة بالكهرباء فإن حركة الجسيات في الأثير تجعلها تعيد تنظيم مواضعها ، ولا يمكن أن تعود إلى سكونها بعضها بالنسبة إلى بعض إلا بعد أن ينكمش الجسم بمقدار معين يمكن تقديره . وقد ثبت أن هذا المقدار هو بالضبط المقدار الذى كان سببا في التعادل الذى أسفرت عنه تجربة ميكلسن ومورلى .

ولم توضح هذه الفكرة سبب فشل تجربة ميكلسن ومورلى توضيحا وافيا تاما فحسب ، بل أوضحت أيضا أن كل مقياس مادى لا بد أن ينكمش بقدر ما يكفى بالضبط لإخفاء حركة الأرض في الأثير ، ولذلك كان الفشل مقدرا لكل تجربة من هذا القبيل قبل إجرائها . غير أنه توجد أنواع أخرى من مقاييس الطول يعرفها العلم ، فأشعة الضوء والقوى الكهربائية وغيرها يمكن أن تستخدم في قياس الأبعاد من نقطة إلى أخرى ، وبذلك يمكن أن تتخذ وسيلة لقياس المسافات . ولهذا رأى أن المقاييس الضوئية والكهربائية قد تنجح حيث فشلت المقاييس المادية ، وقد بذلت لهذا الغرض محاولات عدة بأشكال مختلفة ، ومن أسماء المبرزين الذين كان لهم شأن فيها المرحوم اللورد رالى (١) وبريس (٢) وتروتون (٣) . غير أن التجارب كانت تفشل في كل مرة ، وسبب فشلها أنه إذا فرض أن سرعة الأرض في الأثير س ، فإن كل جهاز تستطيع فطنة الإنسان أن تستنبطه يخلط في قياس مقدار س

F. T. Trouton (٣)

D. B. Brace (٢)

Lord Rayleigh (١)

بإضافة سرعة غير حقيقية ، مقدارها بالضبط (— س) ، وبذلك يكون الجواب الظاهري دائما هو الصفر ، كما حدث في تجربة ميكلسن ومورلى الأولى .

وقد أسفرت الجهود المتواصلة التي بذلت في التجارب عدة سنين عن أن قوى الطبيعة بدون استثناء تشترك في مؤامرة منظمة أحسن تنظيم لإخفاء سرعة الأرض في الأثير . هذا بطبيعة الحال ما يقوله الرجل العادى لا رجل العلم الذى يفضل أن يقول إن قوانين الطبيعة هي التي تحول دون الكشف عن حركة الأرض في الأثير ، غير أن في كلتا العبارتين ما في الأخرى من معان فلسفية . كذلك يرفع المخترع من غير رجال العلم عقيرته قائلا في يأس وقنوط إن قوى الطبيعة تتآمر عليه ، فتعطل سير آتته الدائمة الحركة ، في حين أن رجل العلم يعلم أن الذى يعطلها عائق أشد خطرا من أن يكون مجرد مؤامرة ، ألا وهو قانون الطبيعة . وكذلك ينخيل إلى المصلح الاجتماعى الغيور غير المستنير ، والسياسى الجاهل ، أن ثمة مؤامرات من أشد الأنواع وأخطرها رابضة خلف تصاريف القوانين الاقتصادية تمنعهما أن يجنيا من الشوك العنب .

وفى عام ١٩٠٥ أعلن اينشتين ما ظنه قانونا طبيعيا جديدا ، ووضع فى الصيغة الآتية " إن من شأن الطبيعة أن تجعل من المستحيل تعيين الحركة المطلقة من طريق التجربة أيا كان نوعها " وكانت هذه أول صيغة لنظرية النسبية .

ومن أعجب الأشياء أن هذا القانون رجوع لرأى نيوتن وقانونه ، فقد كتب نيوتن فى كتاب البرنكيبيا :

” من الجائز أن يكون في مناطق النجوم الثابتة البعيدة ، وقد يكون في مناطق أبعد منها ، جسم في حالة سكون مطلق ، ولكن يستحيل علينا أن نعرف ، بالرجوع إلى مواضع الأجسام بعضها بالنسبة إلى بعض في مناطقنا نحن ، هل تتغير مواضع هذه الأجسام بالنسبة إلى ذلك الجسم البعيد ، ويستتبع هذا أنه لا يمكن معرفة السكون المطلق بالرجوع إلى مواضع الأجسام في مناطقنا .“

وقد أضاف إلى ذلك قوله :

”ولست أولى هنا أى اعتبار لوسط ما ، إن كان ثمة أى وسط ، يتخلل المنافذ التى بين أجزاء الأجسام من غير أن يعوقه عائق .“

ومعنى هذا أن نيوتن قد تحقق من استحالة تعيين السرعة المطلقة للحركة في الفضاء إذا لم يكن هناك أثير متغلغل فيه ، وأنه رأى كذلك أن هذا الوسط يمكن أن يتخذ أصلا ثابتا يستطيع أن ينسب إليه عند تقدير حركات الأجسام كلها .

وأخذ العلم ، في خلال القرنين الواقعين بين العهدين ، يبحث في استقصاء خواص هذا الوسط المزعوم ، وها هو ذا أينشتين يأتى فيضربه ضربه القاضية ، ويجرد الأثير من أهم خواصه كلها ، وهى صلاحيته لأن يكون أصلا ثابتا ، يمكن أن ينسب إليه عند تقدير السرعة الحقيقية لأية حركة من الحركات .

ويمكن عرض فكرة اينشتين بطريقة أخرى تجعل معناها أكثر وضوحاً .
لقد عجز علم الفلك حتى الآن عن أن يكشف عن الجسم الذي فرض نيوتن
وجوده في حالة سكون مطلق ، في " مناطق النجوم الثابتة البعيدة
وقد يكون في مناطق أبعد منها " ؛ ولذلك ظل السكون والحركة مجرد تعبيرين
نسبيين . فالسفينة التي لا تتحرك هي ساكنة سكوناً نسبياً ، أى بالنسبة إلى
الأرض ، ولكن الأرض متحركة بالنسبة إلى الشمس ، وكذلك تتحرك معها
السفينة ، ولو أن الأرض وقفت حركتها في فلكها حول الشمس ، لأصبحت
السفينة ساكنة بالنسبة إلى الشمس أيضاً ، ولكن الأرض والسفينة كلتيهما
تظلان تتحركان وسط النجوم المحيطة بهما ، فإذا وقفت حركة الشمس بين
هذه النجوم ، بقيت بعد ذلك حركة نجوم المجموعة المجرية بالنسبة إلى السدم
السحابة ، وهذه السدم السحابة تتحرك متقاربة أو متباعدة بسرعات تقدر
بمئات الأميال أو بأكثر منها في الثانية . فإذا ذهبنا في الفضاء إلى أبعد من
هذا ، فأننا نعجز عن أن نجد مقياساً للسكون المطلق ، ثم تصادفنا فوق
ذلك سرعات للحركة متزايدة على الدوام ، فإذا لم يكن لدينا تأثير متغلغل يرشدنا
نعجزنا حتى عن تفسير معنى السكون المطلق ، وكما أكثر عجزاً عن العثور عليه ،
إلا أن نظرية اينشتين تبيح لنا على أساس جميع الظواهر الطبيعية التي يمكن
ملاحظتها ، أن نعرف " السكون المطلق " أى تعريف نريد .

وتلك مسألة حسية محضة ، فإن من حقنا أن نقول إذا شئنا إن هذه
الحجرة ساكنة ولن نقول لنا الطبيعة كلاً . فإذا كانت الأرض تسير في الأثير
بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية ، فيجب أن نتصور أن الأثير يهب في هذه
الحجرة كما تهب " الريح خلال أشجار أبحه " . بسرعة قدرها ١٠٠٠ ميل

في الثانية . وتؤكد لنا نظرية النسبية أن كل ظواهر الطبيعة في هذه الحجرة لا تتأثر بالرياح التي تهب بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية ، وأنها لا تتغير حتى إذا هبت الرياح بسرعة ١٠٠٠٠٠ ميل في الثانية ، أى أنها تكون كأن ليس في الحجرة ريح مطلقا .

وليس بعجيب أو جديد أن كل الظواهر الميكانيكية التي لا صلة بينها وبين الأثير المزعوم لا تتأثر بحركته . ولقد رأينا كيف أن هذا كان معروفا لنيوتن من قبل . ولكن إذا كان ثمة أثير حقا ، فإن مما يثير العجب ألا تتغير الظواهر الضوئية والكهربائية ، سواء كان الأثير الذي ينقلها ساكنا أو كان يهب علينا ويتخللنا بسرعة قدرها آلاف الأميال في الثانية . وهذا يحتم علينا أن نسأل : هل لهذا الأثير ، الذي يظن أن هبوه هو سبب الرياح ، وجود حقيقى أو أنه مجرد خرافة من نسج خيالنا ؟ نقول هذا لأننا يجب أن نذكر دائما أن وجود الأثير مسألة فرضية أدخلها في نطاق العلم علماء الطبيعة الذين سلموا بأن كل شيء لا بد أن يفسر تفسيراً آليا ، وقبلوا هذه النظرية على علاقتها فافترضوا وجود وسط آلى ينقل موجات الضوء وكل الظواهر الأخرى الكهربائية والمغناطيسية .

ولأجل أن يبرروا معتقدهم كان عليهم أن يثبتوا أن من الممكن إيجاد مجموعة من قوى الدفع والجذب والتي في الأثير ، تستطيع أن تنقل كل ظواهر الطبيعة في الفضاء ، وتوصلها إلى الطرف الثانى بالحال التي نشاهدها عليها ، على نحو ما تنقل مجموعة من أسلاك الأجراس القوة الآلية من موضع جذبها إلى الجرس نفسه . وقد استطاعوا على مر الزمن أن يوجدوا هذه المجموعة

ولكن اتضح أنها شديدة التعقيد . ولم يكن في هذا التعقيد ما يدعو إلى العجب ؛ ألم يكن على الأثير في هذه الحال أن ينقل التأثيرات المشاهدة وألا يكشف عن وجوده أيضا أثناء نقلها ؟ لذلك لم يكن من الميسور والحالة هذه أن تعد وسيلة آلية تستطيع أن تنقل ظواهر معينة بحيث لا تتغير سواء كان المجرب أثناء قيامه بتجاربها ساكنا ، أو كان يندفع مع الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل في الثانية . والحق أن مثل هذه الوسيلة الآلية عرضة لأن يوجه إليها اعتراض يقضى عليها ، وهو أنها لا تستطيع أن تجعل هاتين المجموعتين من الظواهر متماثلتين ، إلا إذا افترض لكل منهما وسيلة تختلف عن التي تفترض للأخرى .

ويمكننا أن نوضح هذا الاعتراض بمناقشة إحدى الظواهر السهلة مناقشة مفصلة . فطبقا لهذا النظام ، نظام الانتقال في الأثير ، يحدث شحن جسم بالكهرباء انفعالا في الأثير المحيط به ، وهذا يشبه بالضبط ما يحدث إذا أدخل جسم غريب في بحر من الفالودج . فإذا شحن جسمان ساكنا في الأثير بنوع واحد من الكهرباء تنافرا ، والمفروض أن هذا التنافر ينتقل بواسطة الضغوط التي تحدثها في الأثير حالة الانفعال السالفة الذكر .

ولنفرض مع هذا أن الجسمين المشحونين غير ساكنين في الأثير ، بل يتحركان فيه من الشرق إلى الغرب بسرعة واحدة ، وليكن مثلا ١٠٠٠ ميل في الثانية . ولما كان الجسمان لا يزالان في حالة سكون ، كل منهما بالنسبة للآخر ، فإن نظرية النسبية تقرر أن الظواهر التي يمكن مشاهدتها لا تتغير ، بل تبقى كما لو كان الجسمان ساكنين سكونا مطلقا في الأثير ، ولكن

الظواهر في هذه الحالة الثانية يحتاج إحداها إلى وسيلة غير التي احتج إليها في الحالة الأولى وتختلف عنها كل الاختلاف . نعم إن جزءا من التنافر لا كله لا يزال كما كان نتيجة الانفعال الحادث في الأثير ، أما الباقي فهو نتيجة لقوى مغناطيسية ، لا يمكن تفسيرها بأنها ضغوط أو توترات في الأثير ، بل لابد أن تعزى إلى مجموعات معقدة من الأعاصير أو الدوامات .

وتحدث ظواهر كهربائية مغناطيسية أكثر تعقيدا ناتجة عن اشتراك قوى كهربائية مع أخرى مغناطيسية تتخلل الأثير بمقادير مختلفة وتحرك فيه بسرعات مختلفة ، ولذلك فإن كل محاولة لشرح هذه الظواهر شرحا آليا تتطلب الاستعانة بوسيلتين مختلفتين تمام الاختلاف لاستحداث ظواهر واحدة ، ولا يزال العلم حتى الآن عاجزا عن تصور أثير يتسع لهاتين الوسيلتين كليهما ؛ وحتى إذا وجد هذا الأثير فإن هذا النظام المزدوج اللازم لاستحداث ظاهرة واحدة من الظواهر المشاهدة يتعارض مع نظام الطبيعة المألوف تعارضا يشعرنا بأننا قد أخطأنا الطريق الذي نسير فيه ، فما كانت نظرية نيوتن عن الجاذبية لتلقى قبولا لو أنها افترضت وجود نظام مزدوج لشرح سبب سقوط التفاحة من الشجرة ، فجعلت نظاما يعمل في الصيف ، ونظاما آخر يعمل في الخريف .

وقد أكد نيوتن نفسه ضرورة مجانبية أمثال هذا النظام المزدوج ، فضمن كتابه البرنكييا مجموعة من "قواعد التفكير في الفلسفة" تنص القاعدتان الأوليان منها على ما يأتي :

القاعدة الأولى :

”ينبغي ألا نقبل من أسباب الأشياء الطبيعية إلا ما كان منها صحيحا وكافيا لتفسير حدوثها ، وفي هذا يقول الفلاسفة إن الطبيعة لا تفعل شيئا عبثا ، ويعتد الكثير عبثا اذا كان القليل يفي بالغرض ، لأن الطبيعة تستهويها البساطة ، ولا تتطلب زخرف الأسباب وفضولها .“

القاعدة الثانية :

”ولهذا يجب أن ترجع النتائج الطبيعية الواحدة إلى أسباب واحدة ، كلما استطعنا إلى ذلك سبيلا .“

ومن أمثلة ذلك تنفس الإنسان والحيوان ، وسقوط الحجارة في أوربة وأمريكا ، وضوء نار الطبخ وضوء الشمس ، وانعكاس الضوء في الأرض وفي الكواكب .

على أن ثمة اعتراضا أقوى من هذا يواجهنا عندما نفترض أن الأثير الحامل للضوء ينقل الإشعاع والتأثير الكهربائي . لقد رأينا كيف يبدو لنا أن الكهرباء والمغناطيسية والضوء كلها تتآمر لتمنعنا من تبين الحركة في الأثير ، أما الجاذبية فقد بقي علينا أن نبحث في أمرها ، وقد ظلت على الدوام بمعزل عن غيرها من الظواهر الطبيعية ، تبدو كأنها من طبيعة تختلف كل الاختلاف عن طبائع هذه الظواهر . ذلك أن قانون الجاذبية يتضمن فكرة المسافة ، ويقرر أن قوى الجاذبية بين جسمين موقوفة على المسافة بينهما ، ولذلك

تساوى هذه القوى إذا تساوت المسافات ، فقانون الجاذبية إذن يمكن اتخاذه من الناحية النظرية على الأقل مقياسا تقدر به المسافات .

والأثير الذى ينقل التأثير الكهربائى قلما ينقل التأثير الجذبى أيضا ، لأن الخواص التى يمكن أن نضيفها اليه لا تكفى إلا لتعليل نقله للقوى الكهربائية والمغناطيسية ، ولذلك كان متوقعا أن يكون المقياس الذى يمدنا به قانون الجاذبية مبرءا من الانكماش الذى يقول به كل من فترجرالد ولورنتز ، فاذا صار هذا المقياس فى حوزتنا وجب أن يكون فى مقدورنا أن نقيس به سرعة الأرض فى الفضاء .

ولنبحث احتمال وقوع هذا الأمر متحدثين عنه فى أبسط صورة مادية مستطاعة . لئكن أرضنا مثالية ولتصورها تامة التكرور . وبما أن جميع نقاط سطحها تكون فى هذه الحال على أبعاد متساوية من مركزها فإن قوة الجذب تكون واحدة فيها جميعا ، فاذا ما حركت هذه الأرض المثالية فى الأثير بسرعة ١٠٠٠ ميل فى الثانية ، فإن قانون التقلص العادى الذى يقول به فترجرالد ولورنتز يسبب انكماش قطر الأرض بما يقرب من ٦٠٠ قدم فى اتجاه حركة الأرض ، ولذلك يصير طرفا القطر المنكش أقرب إلى مركز الأرض من النقط الأخرى التى على سطحها ، فتدبل كل الأجسام المتحركة على سطح الأرض إلى الانزلاق نحو هاتين النقطتين .

على أن هذا الأثر لو حدث لكان لضالته أقل مما تمكن ملاحظته على أرضنا نفسها ، لأن ارتفاع سطح الأرض وانخفاضه ، الناشئ مما عليه من جبال ووديان افترضنا عدم وجودها على أرضنا المثالية ، يخفيان بسهولة هذا

التقلص البالغ ٦٠٠ قدم ؛ غير أن من ظواهر الجاذبية الأخرى ظواهر تشبه هذه وتحدث على مدى أوسع منها ويمكن ملاحظتها ، نذكر منها بوجه خاص الحركات الدورانية لمسارات الكواكب في الفضاء . وتدل هذه الحركات على أن الجاذبية تشترك أيضا مع قوى الطبيعة الأخرى في إخفاء الحركة في الأثير إذا أجزنا هذا التعبير ؛ فإذا كانت المقاييس المادية يصيبها الانكماش الذي يقول به فترجرالد ولورنتز ، فإن هذا الانكماش بعينه يصيب مقاييس الأطوال التي يمدنا بها قانون الجاذبية ؛ ولكننا يصعب علينا أن نتصور كيف يصيب هذا الانكماش المقاييس التي يريها قانون الجاذبية ما دامت الجاذبية نفسها لا تنتقل في الأثير . وإذن فلا بد لنا أن نستنتج أن الانكماش الذي يقول به فترجرالد ولورنتز لا يحدث أبدا ، وهذا يضطرنا إلى أن ننبد فكرة الأثير الآلى من أساسها .

وعلىنا إذن أن نبدأ من جديد . إن الصعاب التي اعترضتنا إنما نشأت من فرضنا الأول ، وهو أن كل شيء في الطبيعة بوجه عام ، والموجات الضوئية بوجه خاص ، يمكن أن يفسر تفسيراً آلياً ، أى أننا قد حاولنا أن ننظر إلى الكون نظرنا إلى آلة ضخمة ، فأدت بنا هذه النظرة إلى أن نسلك طريقاً خاطئاً ، ولذلك يجب أن نبحث عن قاعدة أخرى نسترشد بها في بحثنا .

وخير من هذا التفسير الآلى المضلل أن نسترشد بتلك القاعدة التي وضعها وليم الأوكامي^(١) وهي : "يجب ألا نفرض وجود كائن ما إلا إذا اضطررنا

إلى فرضه اضطرارا “ ، والمغزى الفلسفى لهذا القول هو نفس المغزى الفلسفى للقاعدة الأولى من قواعد نيوتن فى التفكير ، وهى التى ذكرناها من قبل ؛ وهى قاعدة هدم محض ، أى أنها تهدم ولا تبني ، فهى تهدم فى حالتنا هذه فرض وجود كون آلى ينطوى على تأثير ينقل التأثيرات الآلية “ فى الفضاء الخالى “ ، ثم لا تأتى بفرض آخر يحل محله .

وأول ما يتبادر إلى الذهن لمثل هذا الفراغ هو مبدأ نظرية النسبية القائل “ إن الطبيعة تجعل من المستحيل تعيين حركة مطلقة عن طريق التجربة أيا كان نوعها “ . وقد يبدو غريبا لأول وهلة أن يملأ الفراغ الناشئ من نبذ فكرة الأثير على هذا النحو ؛ ذلك بأن الفرضين يختلفان فى طبيعتهما اختلافا يلوح معه أن حلول ثانيهما محل أولهما أمر لا يقبله العقل ؛ ولكن واقع الأمر أن كلا منهما يكاد يكون نقيض الآخر بالضبط ، فقد كان المفروض أن وظيفة الأثير الأساسية هى أن يهيئ لنا أصلا ثابتا ينسب إليه ، أما خواصه الأخرى فقد كانت كلها خواص تبعية حتمها سعيها للتوفيق بين ما نشاهده من نظام الطبيعة وبين هذا الفرض الأول . ولما كان كل ما تتضمنه نظرية النسبية فى جوهرها هو أنها تنفى هذا الفرض الأول كان كل منهما عكس الثانى تماما .

ومن أجل هذا كان موضع الخلاف بينهما واضحا لاغموض فيه ، وكانت التجربة كفيلا بأن تفصل فى هذا الخلاف ؛ وقد فصلت فيه التجارب فصلا لا إبهام فيه ، فقد رأينا كيف فشلت جميع الجهود التجريبية التى بذلت للعثور على الأثير وكيف أنها من أجل ذلك قد زادت

نظرية النسبية تأييدا ، ومبلغ علمنا أنه ما من تجربة أجريت إلا كانت مؤيدة لنظرية النسبية .

وكذلك هوت نظرية الأثير الآلى عن عرشها ، وعلته من بعدها نظرية النسبية ، وقد كان نذير هذا الانقلاب بحث مختصر نشره اينشتين فى يونيه من عام ١٩٠٥ ، وبهذا البحث انتقلت دراسة أعمال الطبيعة الداخية من اختصاص العالم المهندس إلى اختصاص العالم الرياضى .

لقد كنا إلى ذلك الوقت ننظر إلى الفضاء على أنه شىء كائن حولنا ، وإلى الزمن على أنه شىء يمر بنا أو يتخللنا ، وكان يلوح أن الفضاء والزمن يختلفان اختلافا أساسيا من جميع الوجوه ، ففى استطاعتنا مثلا أن نعود القهقري متبعين أثر خطواتنا فى الفضاء ، ولكننا لا نستطيع أن نفعل مثل هذا فى الزمن ، وفى مقدورنا أن نسير فى الفضاء كما نشاء ، مسرعين أو متباطئين أو لا نسير أبدا ، ولكن أحدا من الناس لا يستطيع أن ينظم سرعة مرور الزمن ، فهو يمر بنا جميعا بسرعة واحدة منتظمة ، لا يستطيع أحدا أن يتحكم فيها ، غير أن النتائج الأولى التى وصل إليها اينشتين ، حسب ما فسرها منكوفسكى ^(١) بعد أربع سنوات من ظهورها تتضمن هذه النتيجة الغريبة وهى أن الطبيعة لا تقر شيئا من هذه الفروق .

لقد مر بنا قبل ذلك أن المادة كهربائية التركيب ، وإذن بجميع الظواهر الطبيعية فى آخر الأمر كهربائية . وقد بين منكوفسكى أن نظرية

النسبية تتطلب منا ألا نتصور الظواهر الكهربائية تحدث في كل من الفضاء والزمن على انفراد ، كما كان العلماء يتصورون من قبل ، بل تتطلب أن نتصورها تحدث في الفضاء والزمن مندمجين معا اندماجا يستحيل معه أن نتبين أى أثر لالتحامهما ، وتعجز معه جميع ظواهر الطبيعة أن تقسمهما وهما مندمجان هذا الاندماج إلى فضاء وزمن منفردين .

إننا إذا أدمجنا الطول والعرض معا حصلنا منهما على مساحة ولتكن مساحة ملعب الكركت ، وللاعبين المختلفين طرق مختلفة في تقسيم هذا الملعب إلى بعديته ، فالاتجاه ” الأمامى ” بالنسبة لقاذف الكرة اتجاه ” خلفى ” بالنسبة لحارس المرمى ، وهو اتجاه ” من الشمال إلى اليمين ” بالنسبة للحكم ، ولكن الكرة لا تعرف شيئا من هذه الفروق ، فهي تذهب إلى حيث ضربت لا توجهها في سيرها إلا قوانين الطبيعة التي تعد الملعب جميعه كلاً لا يتجزأ قد اندمج فيه الطول والعرض فأصبحا وحدة مفردة ، لا يمكن التفريق بين جزأيهما .

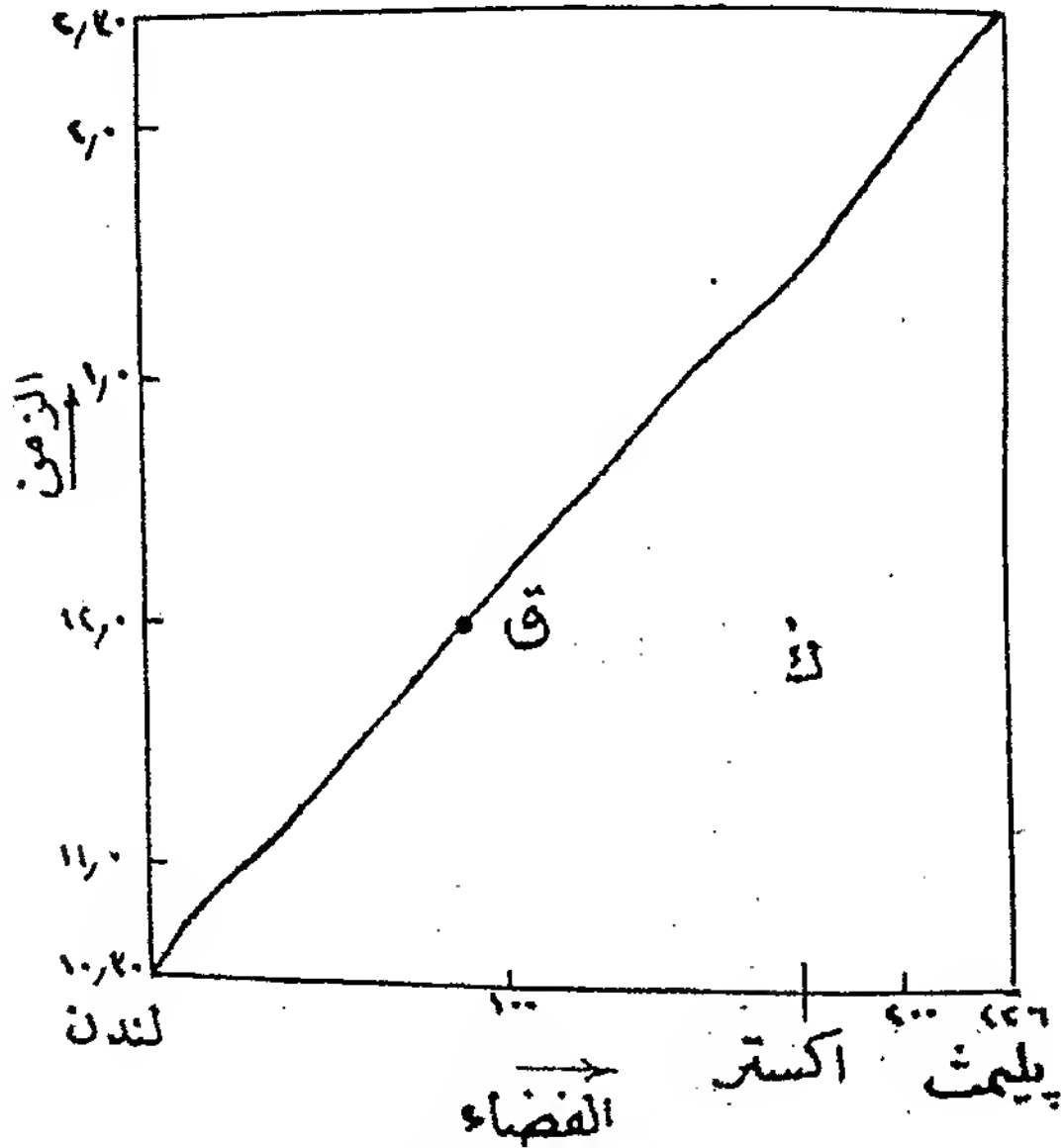
فإذا أدمجنا فوق ذلك مساحة ” مثل ملعب الكركت ” ذات بعدين مع ارتفاع ” ذى بعد واحد ” حصلنا على فضاء ذى أبعاد ثلاثة ، وطالما كنا نفعل هذا قرب الأرض فاننا نستطيع دائماً أن نلجأ إلى الجاذبية لتفصل فضاءنا إلى ” ارتفاع ” و ” مساحة ” ، فنقول مثلاً إن الارتفاع هو الاتجاه الذى يكون قذف كرة الكركت فيه إلى مسافة معينة أصعب من قذفها فى غيره ، أما فى الفضاء البعيد فان الطبيعة لا تسعفنا بوسيلة تمكننا من هذا التقسيم ، ذلك بأن قوانينها لا تعرف شيئاً عن إدراك المحلى المحض

إلا بتجاهين الأفق والرأس ، وإنما تنظر إلى الفضاء على أنه مكوّن من ثلاثة أبعاد يستحيل تمييز أحدها عن الآخر بحال من الأحوال .

لقد انتقلنا في خيالنا بوساطة عملية الاندماج من بعد واحد إلى بعدين ، ثم انتقلنا من بعدين إلى أبعاد ثلاثة ، ولكن من الصعب أن ننقل من ثلاثة أبعاد إلى أربعة ، لأننا ليس لنا خبرة مباشرة بفضاء ذي أربعة أبعاد . يضاف إلى هذا أن الفضاء ذا الأبعاد الأربعة الذي نريد أن نتحدث عنه يصعب تصوّره صعوبة خاصة ، لأن أحد أبعاده لا يتكوّن من الفضاء المألوف بل يتكوّن من الزمن ، أي أننا إذا شئنا أن نفهم نظرية النسبية وجب علينا أن نتصوّر فضاء ذا أربعة أبعاد : ثلاثة من أبعاد الفضاء المألوف لنا قد اندمجت مع بعد واحد هو الزمن .

والآن فلنواجه ما يعترضنا من الصعاب واحدة بعد أخرى ، فتصوّر أولاً فضاء ذا بعدين يتكوّن من اندماج بعد واحد من الفضاء المألوف وهو الطول مع بعد واحد هو الزمن . وقد يسهل علينا شكل (٢) فهم هذه الفكرة فهو يوضح لنا بالرسم مواعيد القطار السريع الذي يسافر من محطة بادنجتن^(١) في الساعة ١٠/٣٠ صباحاً ويصل إلى بليمث^(٢) على بعد ٢٢٦ ميلاً منها في الساعة ٢/٣٠ مساءً ، ويمثل الخط الأفقي الطريق البالغ طوله ٢٢٦ ميلاً والذي يربط المحطتين ، كما يمثل الخط الرأسى الوقت الذي يمضى بين الساعة ١٠/٣٠ صباحاً والساعة ٢/٣٠ مساءً في كل يوم يسافر فيه القطار .

ويوضح الخط العريض مسير القطار ، فالنقطة ن مثلا على هذا الخط
تقابل الزمن ١٢ ظهرا ، وتقابل نقطة تبعد بمقدار واحد وتسعين ميلا ونصف



(شكل ٢) رسم يوضح حركة قطار في الفضاء والزمن

ميل عن مدينة بادنجتن ، وهي تدل على أن القطار قد اجتاز إلى وقت الظهر
واحدا وتسعين ميلا ونصف ميل ، في حين تمثل النقطة ك موضعا قريبا
من أكستر^(١) وقت الظهر ، وهي لا تقع على الخط العريض لأن القطار

لا يكون قد وصل إلى اكستروقت الظهر ، وتمثل مساحة الشكل كلها كل المواضع التي يمكن أن تكون على الطريق بين بادنجتن و بليمث في جميع الأوقات بين الساعة ١٠/٣٠ صباحا والساعة ٢/٣٠ مساء ، وبذلك حصلنا على مساحة أحد بعديها فضائي والبعد الآخر زمني ، وذلك بإدماج طول وهو طريق قدره ٢٢٦ ميلا في زمن وهو أربع ساعات حول وقت الظهر .

و يمثل هذه الطريقة نستطيع أن نتصور أبعاد الفضاء الثلاثة وبعدا زمنا واحدا اندمجت بعضها ببعض ، فكونت حجما ذا أبعاد أربعة نسميه "المتصل" .
وتقول نظرية النسبية ، كما فسرهما منكوفسكي ، إننا نستطيع أن نتصور حدوث جميع الظواهر الكهروبائية المغنطيسية في "متصل" ذي أربعة أبعاد :
ثلاثة منها فضائية وواحد زمني — ولا يمكن أن نفصل فيه الفضاء عن الزمن
انفصالا تاما ، أي أن المتصل هو ما يندمج فيه الفضاء والزمن اندماجا تاما ، ينتج عنه شيء واحد لا تستطيع قوانين الطبيعة أن تميز أحدهما عن الآخر ، كما يندمج طول ملعب الكركت وعرضه اندماجا لا تستطيع معه كرة الكركت الطائرة أن تفرق بينهما ، فليس الملعب لديها إلا مساحة لم يعد فيها لكل من الطول والعرض على حدة أي معنى من المعاني .

وقد يعترض بأن شكل (٢) لا يقربنا من فهم معنى هذا المتصل ، لأنه شكل توضيحي لا أكثر ، ولا يمثل في الواقع اندماج الوقت والطول الحقيقيين ، بل يوضح اندماج طول واحد مع طول آخر اندماجا تنتج منه مساحة كما هو معروف — وهي في هذه الحالة صفحة من الكتاب . على أننا يجب ألا نقف طويلا أمام هذا الاعتراض لأننا سنصل في النهاية إلى

أن المتصل ذا الأبعاد الأربعة هو ، بهذا المعنى نفسه ، تصوير توضيحي
لا أكثر ، فهو بمثابة إطار يمكننا من أن نعرض فيه أعمال الطبيعة ، كما أن
شكل (٢) إطار يمكننا من أن نعرض فيه مسير القطار .

وبما أننا نستطيع أن نظهر الطبيعة كلها في حيز هذا الإطار فلا بد أن
يكون له ما يقابله من الحقيقة الموضوعية أيا كان نوعها . إلا أن تقسيم
المتصل إلى فضاء وزمن ليس شيئا موضوعيا ، بل هو شيء ذاتي ، فإذا
اتفق أن كنا — أنا وانت — نسير بسرعتين مختلفتين كان للفضاء والزمن
لدى معنى يختلف عن معناهما لديك ، أى أننا نقسم المتصل إلى فضاء وزمن
بطريقتين مختلفتين ، كما يختلف معنى ” أمام ” و ” يسار ” بالنسبة لى ولك
إذا كنا نحن الاثنين نتجه اتجاهين مختلفين ، أو كما يقسم قاذف الكرة وحارس
الهدف ملعب الكرة بطريقتين مختلفتين لا تدرى الكرة عنهما شيئا . وإذا
غيرت سرعة حركتى واستخدمت لذلك مآزل سيارتى ، أو قفزت إلى سيارة
عامة متحركة ، فقد عادت بهذا تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن بالنسبة إلى .
وأساس نظرية النسبية أن الطبيعة لا تقر تقسيم المتصل إلى فضاء وزمن ،
وفى هذا يقول منكوفسكى : ” إن الفضاء والزمن منفردين قد استحالا مجرد
خيالات ، وإن اندماجهما على نحو ما هو وحده الذى يستبقى لنفسه صورة
من صور الحقيقة .“

هذه لحظة عاجلة تبين لماذا كان محتوما أن تتلاشى الفكرة القديمة ، فكرة
الأثير الحامل للضوء ، فلقد كان المفروض أن الأثير يشغل ” الفضاء كله “ ،
ومعنى هذا أنه يقسم المتصل تقسيما موضوعيا إلى زمن وفضاء ، وإذا كانت

قوانين الطبيعة لا ترى إمكان حدوث هذا التقسيم فإنها لا ترى أيضاً إمكان وجود الأثير .

فإذا شئنا أن نتصور انتشار الموجات الضوئية والقوى الكهربائية المغناطيسية على أنها اضطرابات في الأثير ، وجب أن يكون أثيرنا هذا شيئاً يختلف كل الاختلاف عن الأثير الآلى الذى تصوّره مكسويل وفراداي ، فيمكن أن ينظر إليه على أنه تكوين ذو أبعاد أربعة يمتلأ المتصل كله ، ويمتد لهذا السبب خلال الفضاء كله والزمن كله ، فنستطيع في هذه الحالة أن ننعم كلنا بأثير واحد . فإذا أردناه أثيراً ذا ثلاثة أبعاد وجب أن يكون أثيراً ذاتياً ليس كمثل أثير مكسويل وفراداي ، ووجب أن يحمل كل منا أثيره معه ، كما يحمل كل مشاهد في مطرة قوس قزحه معه أينما سار ، فإذا غيرت سرعة حركتي خلقت لنفسى أثيراً جديداً من حولي ، كما أحدثت لنفسى قوس قزح جديدة إذا خطوت خطوات قليلة في مطرة مشمسة . وإذا لم يكن الكون المحدد الذى وصفناه من قبل (انظر ص ٧٢) مجرد خيال فإن أثير كل شخص لا بد أن يمتد ويتسع على الدوام . ولا ندرى هل يصح أن يسمى تكوين من هذا النوع أثيراً ، ذلك أننا يصعب علينا أن نجد أية خاصية مشتركة بين هذا الأثير وبين أثير القرن التاسع عشر القديم . والحق أنه ما دامت نظرية النسبية تنقض نظرية الأثير القديم من أساسها ، فليس ثمة مجال للشك في أن أى أثير يمكن أن تبقى عليه نظرية النسبية يجب أن يكون عكس الأثير القديم في كل شيء ، وإذا كان الأمر كذلك فإن إطلاق اسم واحد عليهما يظهر كأنه مجهود غير موفق .

ولست أظن أن هناك موقعا لخلاف حقيقى بين آراء العلماء الثقات فى هذا الموضوع . ويقول السير آرثر إدنجتون^(١) فى ذلك بحق إن نصف علماء الطبيعة النابهين يؤكد أن الأثير موجود ، بينما النصف الآخر ينكر وجوده ، ثم يضيف إلى ذلك قوله : ” وكلا الفريقين يقصدون بقولهم شيئا واحدا ولا يختلفون إلا فى الألفاظ “ . وقد كتب السير ألفريدج^(٢) وهو أشد الناس فى الوقت الحاضر تمسكا بوجود الأثير وجودا موضوعيا يقول :

” يسود الأثير بجميع أشكال طاقته المختلفة علم الطبيعة الحديث ، غير أن كثيرين يفضلون أن يتجنبوا استعمال لفظ ” الأثير “ ، بسبب ما يلزمه من ملائسات القرن التاسع عشر ، وأن يستعملوا كلمة ” فضاء “ وليس يهمنى كثيرا أى الاصطلاحين يستعملون . “

وجلى أنه إذا لم يكن ثمة فارق بين لفظى الأثير والفضاء ، وإذا كان وجود الأثير وعدم وجوده سواء ، فإن أنصاره ، بل أشد الناس تمسكا له ، لا يستطيعون أن يدعوا أن له حقيقة موضوعية . وأظن أن خير نظرة ننظر بها إلى الأثير هى أن نعدّه أصلا ينسب إليه ، كما يعدّ الشكل الذى فى صفحة (١١٣) أصلا ينسب إليه ، وبذلك يكون وجوده حقيقيا وغير حقيقى معا ، شأنه فى ذلك كشأن خط الاستواء أو القطب الشمالى أو خط زوال جرينتش^(٣) فهو من خلق الفكر وليس شيئا ماديا مجسما . وقد رأينا أن ” الأثير “ إذا أريد أن تلحق به أداة التعريف ، فيكون أثيرا وحدا يتساوى

Greenwich (٢)

Sir Oliver Lodge (٢)

Sir Arthur Eddington (١)

فيه الجميع ، ولا يختص به فرد منهم ، فإنه يجب أن يفترض فيه أنه يتخلل كل الزمن كما يتخلل كل الفضاء ، وأنه لا يوجد فارق صحيح يفصل بين حلوله في الزمن وحلوله في الفضاء . وطبيعى أن الأصل الزمنى الذى يجب أن ننسب إليه البعد الزمنى للأثير أصل فى متناول أيدينا ، فهو تقسيم اليوم إلى ساعات ودقائق وثوان . فإذا لم ننظر إلى هذا التقسيم على أنه مادى ، وهو ما لا يقول به أحد الآن ، ولم يقل به أحد من قبل ، فإننا لا يحق لنا أن نعد الأثير شيئا ماديا . ونرى استنادا إلى ما كشفت عنه فى العلم نظرية النسبية حديثا أن أثيرا ماديا يملا الفضاء لا بد أن يصحبه أيضا أثير مادى آخر يملا الزمن ، فهما متلازمان ، إما أن يوجدوا أو لا يوجدوا معا .

ويظهر من ذلك أننا على حق إلى حد ما فى نظرتنا إلى الأثير كأنه مجرد فكرة ، لا يعدو أن يكون مجرد " اسم ومحل إقامة " ، ولكن أى شيء محل فى محل الإقامة هذا ؟ إن الكون يتألف من موجات ، وقد سبق أن عرفنا " الأثير " بأنه فاعل لفعل " تموج " ، ويجب الآن أن ننبذ هذه الفكرة ، لأن الأثير المادى المحض الذى نحن الآن بصددده لا يستطيع أن يتموج كما لا يستطيع أن يتموج خط الاستواء أو خط زوال جرينتش ، ولا يستتبع هذا بطبيعة الحال أنه لا يمكن أن ينتشر شيء موجى فى هذا الوسط غير المادى ، فنحن نتحدث عن موجة حرارة وموجة انتشار دون أن نحتاج إلى وسط متموج ينقلها ، وليس ما يمنع موجة الحرارة من أن تنتشر حول خط الاستواء ، أو موجة الانتشار من أن تنتشر على طول خط زوال جرينتش .

وقد يظن البعض أننا ، وإن أعوزنا الدليل المباشر على وجود الأثير ، لا نعدم أدلة على وجود شيء كالأمواج يمر خلال الأثير ، وذلك في جميع الظواهر التي تتخذ عادة دليلا على طبيعة الضوء التوجيهية — مثل حلقات نيوتن ، وأشكال الحيود ، وظواهر التداخل ، بوجه عام . ولكن الأمر ليس كذلك ، لأننا لا نعرف شيئا عن هذه الأمواج المزعومة إلا حيث توجد جسيمات مادية في طريقها تكشف لنا عنها ، وهذه الظواهر التي ذكرناها الآن لا تكشف لنا عن أشياء تمر في الأثير ، بل تكشف فقط عن أشياء تسقط على المادة ، ومبلغ علمنا أن لا شيء ينتشر البتة أقل تجردا من المعنويات الرياضية ، فهو أشبه شيء بالزوال الفلكي ينتشر على سطح الأرض في أثناء دورانها أمام الشمس . غير أنني أستطيع أن أتخيل أحد علماء الطبيعة يتدخل في هذه المرحلة معترضا ، وقد يكون اعتراضه على النحو الآتي :

عالم الطبيعة : إن ضوء الشمس في الخلاء يمثل طاقة تولدت في الشمس وكانت في الشمس منذ ثمانى دقائق ، والآن قد وصلت إلينا ، وإذن فلا بد أنها قد خرجت من الشمس ، فيتحتم إذن أن تكون قد سارت في الفضاء الذي يفصل بيننا وبين الشمس ، ويظهر لي إذن أن الطاقة لابد أن تنتشر في الفضاء .

عالم الرياضة : فلنحدد موضوع الخلاف قبل كل شيء أكثر ما يمكن من التحديد ، ولنحصر انتباهنا في حزمة معينة من ضوء الشمس ، ولكن هي الحزمة التي تسقط على كتابي في مدى ثانية من الزمن وأنا أقرأ الكتاب

في ضوء الشمس اللامع . فأنت تقول : إن هذه الحزمة كانت في الشمس منذ ثمانى دقائق ، أى أنها كانت على ما أظن منذ أربع دقائق في الفضاء في منتصف المسافة التى بيننا وبين الشمس ، وأنها منذ دقيقتين كانت قد اجتازت ثلاثة أرباع المسافة التى تفصلنا عن الشمس ، أليس كذلك ؟

عالم الطبيعة : بلى . وهذا ما أقصده من قولى إن الضوء ينتشر في الفضاء أى أن الطاقة تنتقل من جزء من الفضاء إلى جزء آخر .

عالم الرياضة : يفهم من فكرتك أن أجزاء الفضاء المختلفة تحتلها مقادير مختلفة من الطاقة في كل لحظة من الزمن . فإذا كان الأمر كذلك ، وجب أن يكون من المستطاع أن نحسب أو نقيس ما يكون منها في جزء معين في الفضاء في لحظة معينة ؛ فإذا فرضت أن الشمس ساكنة في أثير ، وأن ضوء الشمس طاقة تنتشر في هذا الأثير ، فاني أسلم إذن بأنك تستطيع أن تحصل على جواب صريح لهذه المسألة . وقد أجاب به مكسويل عام ١٨٦٣ . وكذلك إذا فرضت أن الشمس ، والمجموعة الشمسية كلها معها بطبيعة الحال ، تتحرك في الأثير بسرعة منتظمة معلومة ، ولتكن ١٠٠٠ ميل في الثانية ، فإنك تستطيع أن تحصل أيضا على جواب صريح لمسألتك هذه . ولكن الإجابتين مختلفتان ، وهذا هو أصل المشكلة كلها ، فهل تستطيع أن تقول لى أيهما الصحيح ؟

عالم الطبيعة : لا حاجة إلى القول بأن الجواب الأول يكون صحيحا إذا كانت الشمس ساكنة في الأثير ، وأن الثانى يكون صحيحا إذا كانت للشمس سرعة منتظمة قدرها ١٠٠٠ ميل في الثانية خلال الأثير .

عالم الرياضة : أجل . ولكننا متفقان على أن " السكون في الأثير " لا معنى له على الإطلاق ، وأن " سرعة ثابتة قدرها ١٠٠٠ ميل خلال الأثير " قول لا معنى له أيضا ، فإذا حاولنا أن نجعل لهما معنى من المعاني ، فإن كل ظواهر الطبيعة تحتم أن يكون لهما معنى واحد ، ولذلك أرى إجابتك خالية من كل معنى .

وبهذه الطريقة أو مثلها نرى أن كل محاولة ترمى إلى تقسيم الطاقة وتوزيعها في أجزاء الفضاء المختلفة تؤدي إلى غموض لا يمكن إزالته ، ويلوح أنه من الطبيعي أن نفترض أن محاولتنا قد وجهت توجيهها خاطئا ، وأن تجزئ الطاقة في الفضاء خداع باطل .

وكذلك نرى أن كل محاولة ترمى إلى اعتبار الطاقة سيلا ماديا مقضى عليها بالفشل ، فنحن نستطيع أن نقول عن الماء الجارى إن نقطة معينة منه تكون آنا في مكان وآنا في مكان ثان ، وليس الأمر كذلك في حالة الطاقة ، ذلك أن فكرة سريان الطاقة في الفضاء فكرة تصويرية مفيدة ، ولكنها تنتهى بنا إلى سخافات ومتناقضات إذا نظرنا إليها على أنها حقيقة قائمة . وقد وضع الأستاذ پوينتينج^(١) قانونا مشهورا يوضح لنا كيف يمكن أن تصور الطاقة تسرى بطريقة خاصة ، ولكن الصورة اصطناعية إلى حد يجعلها بعيدة كل البعد عن الحقيقة . فمثلا إذا كهرب قضيب مغناطيسى عادى ثم ترك ساكنا في موضعه فإن هذا القانون يصور الطاقة تسرى حول المغنطيس الى غير نهاية في شكل يكاد يشبه حلقات لاعداد لها من

أطفال متمسكين بالأيدي ويرقصون إلى الأبد حول نصبة (١) ولكن العالم الرياضي يرد المسألة كلها إلى حقيقة حين يعد سيلان الطاقة مجرد فكرة رياضية ؛ والحق إنه يكاد يضطر أن يذهب إلى أبعد من ذلك ، فيعد الطاقة نفسها مجرد فكرة رياضية ، هي ثابت التكامل في معادلة تفاضلية . فإذا فعل ذلك لم يكن وجود قيمتين لمقادير الطاقة في منطقة معينة من مناطق الفضاء أكثر سخافة من وجود زمنين مختلفين في مكان واحد ، كالذين يدل عليهما نظام التوقيت المقرر ونظام التوقيت الصيفي في نيويورك ، أو التوقيت المدني والتوقيت النجمي في مرصد من المراصد . أما إذا رفض الأخذ بهذه الفكرة ، فعليه أن يدافع عن قضية خاسرة ، وهي أن الكون يتكون بطريقة مادية من طاقة تظهر في شكلها ، آنا في شكل مادة وآنا في شكل إشعاع ، وأن الطاقة لا يمكن تحديد مكانها في الفضاء ، وسنعرض لهذه القضية بالبحث فيما بعد (انظر ص ١٦٦) .

وقبل أن تنتقل إلى البحث فيما تؤدي إليه نظرية النسبية من تطورات أخرى ، يلاحظ أنه من المناسب نبذ لفظ "أثير" والأخذ بلفظ "متصل" الذي يقصد به "الفضاء" ذو الأبعاد الأربعة الذي تخيلناه من قبل ، والذي أضيف فيه الزمن إلى أبعاد الفضاء الثلاثة العادية ليكون فيه بعدا رابعا .

ولما كانت قوانين الطبيعة تعبر عن أحداث في الزمن والفضاء ، فإنه يمكن صوغها بطبيعة الحال منسوبة إلى هذا المتصل ذي الأبعاد الأربعة .

(١) بتمام في البلاد الأوربية احتفال في أول مايو من كل عام تنصب فيه أعمدة يرقص حولها الأطفال .

وقد وجد عند البحث في هذه القوانين من الناحية الكمية أن من السهل أن نتصور كلا من الزمن والفضاء يقاس بطريقة خاصة جدا واصطناعية جدا ، فلا نقيس الأطوال بالأقدام والسنتيمترات ، بل نقيسها بوحدة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل ، وهى المسافة التى يقطعها الضوء فى الثانية الواحدة وكذلك لا نقدر الزمن بالثوانى العادية ، بل نقدره بوحدة عجيبة مقدارها ثانية مضروبة فى $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ (أى الجذر التربيعى للمقدار $1 - \frac{v^2}{c^2}$) ويعتبر الرياضيون المقدار $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ عددا " تخيلى " ، لأنه لا وجود له خارج تخيلاتهم ، ولهذا يكون قياسنا للزمن بطريقة اصطناعية إلى أبعد حد فاذا سئلنا لماذا اخترنا هذه الطرق العجيبة فى القياس ، نجوابنا أنها تبدو كأنها طرق الطبيعة نفسها . ومهما يكن من شأنها فإنها تمكننا من تفسير نتائج نظرية النسبية فى أسهل صورة ممكنة ، فاذا سئلنا بعد ذلك لماذا يكون الأمر كذلك ، لم نجد للسؤال جوابا — ولو أننا وجدنا الجواب ، لعرفنا من أسرار الطبيعة الخفية أكثر مما نعرف الآن .

فلتفق إذن على استعمال طرق القياس العجيبة التى وصفناها الآن ، وننشئ متصلا على مقتضاها . وقد أثبت منكوفسكى أنه اذا صححت نظرية النسبية ، وجب ألا تفرق صيغ قوانين الطبيعة بين الزمن والفضاء ، حين ينشأ المتصل على الطريقة التى وصفناها الآن ، بل يجب أن تشترك أبعاد الفضاء الثلاثة والبعد الزمنى الواحد ، بدرجة واحدة فى صوغ كل قانون طبيعى ، وإلا تعارض القانون مع مبدأ النسبية .

ثم لوحظ بعد زمن قليل أن قانون الجاذبية المشهور الذى وضعه نيوتن لا يتفق مع الشرط الذى بسطناه الآن ؛ وعلى هذا فإما أن يكون قانون نيوتن خاطئا ، أو تكون نظرية النسبية هى الخاطئة . وقد فحص اينشتين عن التغييرات التى يمكن إدخالها على قانون نيوتن لتجعله متفقا مع نظرية النسبية ، فوجد أن التغييرات اللازمة تتضمن وجود ثلاث ظواهر جديدة لم يكن يتضمنها قانون نيوتن القديم ، ومعنى هذا أن الطبيعة تمدنا بثلاث طرق مختلفة يمكن أن يفصل بها بين قانونى اينشتين ونيوتن من خلاف فصلا مبنيا على الملاحظة ؛ فلما أجريت التجارب كانت النتائج فى جانب اينشتين فى جميع الحالات .

إن ما نسميه "قانون الجاذبية" ليس فى الحقيقة إلا قانونا رياضيا تحسب به عجلة الجسم المتحرك ، وهى المعدل الذى تتغير به سرعة حركة الجسم . ويمكن تفسير قانون نيوتن تفسيراً آليا واضحا وهو : يتبع كل جسم فى تحركه نفس الطريقة التى يتبعها لو أنه — كما يقول نيوتن نفسه — "قد حادت به عن اتجاه حركته المستقيمة" قوة تتناسب مع عكس مربع المسافة ؛ ولهذا فرض نيوتن وجود هذه القوة التى سميت "قوة التناقل" ولكن قانون اينشتين لا يقبل مثل هذا التفسير ولا غيره من التفسيرات الآلية أيا كان نوعها ، وهذا دليل آخر ، إذا احتاج الأمر الى دليل ، على أن عصر العلم الآلى قد مضى وانقضى . ولكن وجد أن هذا القانون يمكن أن يفسر تفسيراً هندسيا سهلا . ذلك أن كتلة المادة المنجذبة ليس أثرها أن تصدر عنها "قوة" كما تصور نيوتن ، بل أن تسبب التواء فيما جاورها من المتصل الرباعى الأبعاد ، وإذن لا يكون انحراف الكوكب

المتحرك ، أو كرة الكركت المتحركة عن اتجاه حركتهما المستقيمة ناشئا عن جذب قوة مؤثرة ، بل عن انحناء المتصل .

إن أصعب الأشياء أن نتصور المتصل الرباعى الأبعاد واو كان غير ملتو ، وأصعب من ذلك أن نتصور التواءاته ، ولكن قد يساعدنا على تصوره تمثيله بمساحة ذات بعدين . فالسطوح الشبيهة بملعب الكركت أو سطح جلد يدنا متصلات كل منها ذو بعدين ، وتشبه الالتواءات التى تحدثها الكتل المنجذبة ، الأكوام التى يحدثها حيوان الخلد أو فقاقيع الحروق . فإذا تدرجت كرة الكركت على أحد هذه الأكوام فإنها " تنحرف عن اتجاه حركتها المستقيمة " كما ينحرف مذب أو شعاع من ضوء عند ما يمر قريبا من الشمس ، وهذه الالتواءات المتجمعة التى تحدثها فى المتصل الرباعى الأبعاد جميع المادة التى فى الكون تجعل هذا المتصل يلتوى حتى ينتهى على نفسه ويصير سطحاً مقفلاً ، وبذلك يصير الفضاء " محدوداً " ويؤدى ذلك إلى النتائج التى سبق أن شرحناها فى الفصل الثانى .

لقد اختفى من الكون الفضاء والزمن بوصفهما كائنين منفصلين وهما هى ذى قوى الجاذبية تختفى من ميدان التفكير ، ولا تترك سوى متصل مجمد . ولقد رد العلم فى القرن التاسع عشر الكون الى مسرح لقوى من نوعين لا أكثر : قوى الجاذبية تسيطر على الظواهر الفلكية الكبيرة ، وتمسك بأجسامنا وعتادنا على سطح الأرض ، وقوى كهربية مغناطيسية تسيطر على جميع الظواهر الطبيعية الأخرى مثل الضوء والحرارة والصوت والتماسك والمرونة والتغيرات الكيميائية ونحوها . والآن وقد اختفت قوى الجاذبية

من العلم فمن حقنا أن نعجب لماذا لا تزال القوى الكهربائية المغناطيسية باقية ، وكيف ظلت هذه القوى تشغل مكانا في المتصل . ومع أن المشكلة لم يفصل فيها نهائيا ، فإنه يلوح أن هذه القوى مقدر لها أن تلقى ما لقيته قوى الجاذبية من قبل وقد نشر فايل^(١) وإدنجتون تباعا نظريتين لم يستندا فيهما قط على القوى الكهربائية المغناطيسية وحاولا أن يفسرا كل الظواهر الطبيعية على أنها نتائج لهندسة المتصل الخاصة به ، ولكن تبين أن هاتين النظريتين لم تسلما من المآخذ . ولا ينشئين نظرية أخرى من هذا القبيل ، أحدث منها عهدا ، وهي لا تزال موضع البحث . ومهما تكن النظرية التي تتغلب آخر الأمر فإنه يلوح من المحقق أن القوى الكهربائية المغناطيسية تستحيل بطريقة ما ، وبعد زمن غير بعيد ، إلى نوع جديد من تجعد المتصل ، يختلف اختلافا جوهريا في هندسته — لا في شيء آخر — عن هندسة التجعد الذي عبرنا عن آثاره بالجاذبية . فإذا تحقق ذلك فإن الكون سيكون قد استحال إلى فضاء فارغ رباعي الأبعاد خال خلوا تماما من المادة ، وعديم الشكل كلية ، إذا استثنينا ما في مظهره الخارجي من تجعدات ، بعضها كبير وبعضها صغير ، بعضها قوى وبعضها ضعيف .

وبذلك يصبح ما سميناه من قبل انتشار الطاقة ، كانتقال الضوء من الشمس إلى الأرض ، مجرد استمرار لا أكثر لتجعد متغضن على خط في المتصل يمتد إلى ما يقرب من ثمانى دقائق من زمننا الأرضى ، وما يقرب من ٩٢,٥٠٠,٠٠٠ ميل من مقاييس الأطوال الأرضية . ونحن نرى الآن أننا

لا نستطيع أن نصور الطاقة على أنها انتشار مادي أو موضوعي في الفضاء ،
إلا إذا قسمنا المتصل أولا تقسيما موضوعيا إلى فضاء وزمن ، وهذا بالضبط
ما لا يسمح لنا أن نفعله .

وقصارى القول أن فقاعة من الصابون ، ذات نتوءات وتجمعات على
سطحها قد تكون خير ما يمثل به الكون الحديد الذي تكشفه لنا نظرية
النسبية تمثيلا يجمع بين بساطة المواد المألوفة . وليس الكون جوف فقاعة
الصابون بل هو سطحها ، ويجب أن نذكر دائما أن سطح فقاعة الصابون
ذو بعدين فقط ، أما فقاعة الكون فذات أبعاد أربعة : ثلاثة منها فضائية
وواحد زمني ، وأن المادة التي تنفخ منها فقاعة الصابون ، وهي غشاء رغوته ،
هي فضاء فارغ مندمج في زمن فارغ .

الفصل الخامس

في الأعماق السحيقة

لندرس الآن بتفصيل أوفى هذه الفقاعة من الصابون المصنوعة من الفراغ ، والتي يمثل بها العلم الحديث الكون . إن بسطحها من التواءات والتجعدات الكثيرة ما يمكن التعرف على نوعين رئيسيين منها ، نطلق عليهما الإشعاع والمادة وهما اللذان يلوح لنا أن الكون يتألف من وحدتهما .

وتمثل علامات النوع الأول الإشعاع ، الذي ينتشر كل نوع من أنواعه بسرعة واحدة منتظمة تقرب من ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية . فإذا سافر القطار الموضح بشكل ٢ (انظر ص ١١٣) بسرعة منتظمة قدرها ميل في الدقيقة فإن حركته تمثل بخط تام الاستقامة يميل عن الخط الرأسى بزاوية مقدارها ٤٥° ، فإذا تتابعت عدة قطار تسير كلها بسرعة منتظمة قدرها ميل في الدقيقة ، فإن حركاتها تمثل بعدة خطوط موازية لهذا الخط ، فإذا غيرنا سرعتنا الأصلية من ميل في الدقيقة الى ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية ، واستبدلنا بالاتجاه الأول من لندن إلى بليمث جميع الاتجاهات الممكنة في الفضاء ، فإن الرسم الموضح بصفحة (١٣) ، يتبدل إلى المتصل الرباعى الأبعاد ، ويمثل الإشعاع بطائفة من الخطوط تميل كلها بزاوية قدرها ٤٥° عن اتجاه ازدياد الزمن .

أما علامات النوع الثانى فإنها تمثل المادة ، وهذا النوع يتحرك في الفضاء بسرعات مختلفة كثيرة التفاوت ، وكل هذه السرعات صغيرة إذا قيست

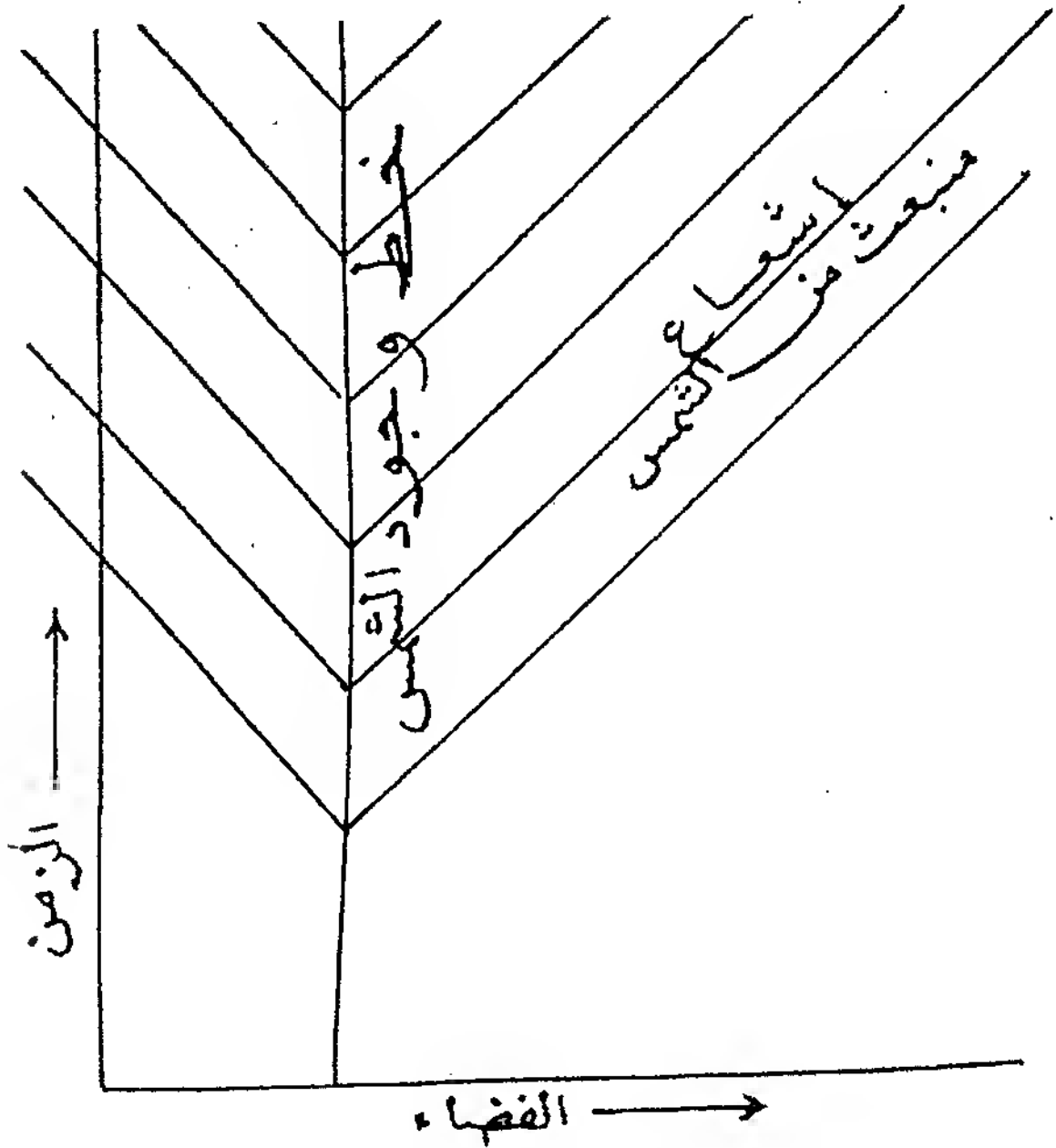
بسرعة الضوء . ولكي نقرب هذا المعنى من الأذهان تقريبا أوليا نفرض أن المادة كلها ساكنة في الفضاء متحركة في الزمن وحده ، وعلى ذلك تسير العلامات التي تمثل المادة في اتجاه ازدياد الزمن ، شأنها في ذلك شأن القطار الذي يمثل رحلته شكل ٢ (انظر ص ١١٣) إذا وقف عند محطة ، فإن فترة انتظاره فيها يمكن أن يمثلها جزء صغير من خط رأسى .

وتكون العلامات التي تمثل المادة أشرطة عريضة على سطح فقاعة الصابون ، كالخطوط التي ترسمها ريشة مصور على لوحة تصوير ، وسبب ذلك أن من طبيعة مادة الكون أن تتجمع لتكون كتلا كبيرة — ومن أمثلة ذلك النجوم وغيرها من الأجرام الفلكية ، ويطلق على هذه الأشرطة أو الخطوط "خطوط الوجود" . ويبين خط وجود الشمس موضع الشمس في الفضاء في أية لحظة من الزمن ، ويمكن أن نصوره بالرسم كما في (شكل ٣) في الصفحة التالية .

وكما أن الحبل يتكوّن من عدد عظيم من الخيوط الدقيقة ، كذلك يتكوّن خط وجود جسم كبير كالشمس من عدد لا يحصى من خطوط وجود صغيرة هي خطوط وجود الذرات المنفصلة التي تتكوّن منها الشمس . فتدخل هذه الخيوط الدقيقة الحبل الأساسى وتخرج منه في مواضع مختلفة كلما ابتلعت الشمس ذرة أو قذفت بها إلى خارجها .

ويمكن أن نتصور سطح الفقاعة كأنه قطعة من نسيج خيوطها هي خطوط وجود الذرات ، فإذا كانت الذرات دائمة لا تفنى فإن خطوط وجودها التي تشبه الخيوط تمتد في طول الصورة كله صوب اتجاه سير

الزمن . أما إذا فنيّت الذرات فإن الخطوط قد تنقطع بفجأة وينتشر من نهاياتها المقطوعة جزائزات من خطوط وجود الإشعاع ، فإذا تحركنا في اتجاه سير الزمن على طول قطعة النسيج نجد أن خيوطها المختلفة يتبدل اتجاهها



(شكل ٣) رسم يوضح حركة الشمس وإشعاعها في الفضاء والزمن (انظر شكل ٢ ص ١١٣).

في الفضاء على الدوام ، فتتغير مواضعها بعضها بالنسبة إلى بعض . ذلك أن المنسج قد هيئ بحيث يضطرها أن تفعل ذلك طبقاً لقواعد معينة نسميها نحن "قوانين الطبيعة".

وخط وجود الأرض حبل أصغر من خط وجود الشمس مصنوع من عدة جدائل تمثل الجبال والأشجار والطائرات والأجسام البشرية وغيرها ، وهى التى من مجموعها تتكون الأرض . وتتكون كل جديلة من عدة خيوط ، هى خطوط وجود ذراتها . ولا تختلف الجديلة التى تمثل جسم الإنسان عن الجدائل الأخرى فيما يلحظ من الأساسيات ، وهى تبدل اتجاهها بالنسبة للجدائل الأخرى ، ولكنها فى هذا التبدل أقل حرية من الطائرات وأكثر حرية من الأشجار ، فهى كالشجرة تبدأ صغيرة وتنمو بامتصاصها المتواصل لذرات خارجية ، هى غذاؤها . ولا تختلف الذرات التى تتكون منها جديلة الإنسان عن الذرات الأخرى فى شئ من الأساسيات فتتكون الجبال والطائرات والأشجار من ذرات تشبهها تمام الشبه .

غير أن للخيوط التى تمثل ذرات جسم الإنسان قدرة خاصة على حمل التأثيرات إلى عقولنا عن طريق الحواس ، أى أن هذه الذرات تؤثر فى وعينا مباشرة ، أما جميع ذرات الكون الأخرى فلا تؤثر فيه الا تأثيرا غير مباشر عن طريق ذرات جسم الإنسان . ويمكننا أن نفسر الوعى تفسيراً سهلاً بأنه شئ يسكن خارج الصورة بأكملها ولا يتصل بها إلا عن طريق خطوط وجود أجسامنا .

ووعيك لا يتصل بالصورة إلا على طول خط وجودك ، كما يتصل بها وعي أنا عن طريق خط وجودى أنا ، وقس على ذلك . والأثر الذى يحدثه هذا الاتصال هو قبل كل شئ مرور الزمن ، فنحن نشعر كأننا نسحب على طول خط وجودنا فتأثر بالنقط المختلفة عليه والتى تمثل كل منها حالتنا فى لحظة من لحظات الزمن .

وقد يكون الزمن من أوله إلى نهاية الأبدية ممتدا أمامنا في الصورة ،
ولكنه لا نتصل إلا بلحظة واحدة منه ، كما أن عجلة الدراجة لا تتصل إلا
بنقطة واحدة من الأرض . وإذن فالحوادث كما يقول ثايل لا تحدث ،
وكل ما في الأمر أننا نمر بها مرأ ، وقد عبر عن ذلك أفلاطون^(١) في كتابه
طماوس^(٢) قبل ثايل بثلاثة وعشرين قرنا بقوله :

”الماضى والمستقبل نوعان من أنواع الزمن المخلوقة التي نخلعها خطأ ومن
غير أن نشعر على جوهر الأبدية ، فنقول ”كان“ و ”كائن“ و ”سيكون“
ولكن الحقيقة أن ”كائن“ وحدها هي التعبير الصحيح .“

فيكون وعينا في هذه الحالة كوعى ذبابة وقعت في طلاسة تمرر فوق
سطح الصورة ، إن الصورة كلها كائنة في مكانها ، ولكن الذبابة لا تتأثر
إلا بلحظة واحدة من الزمن ، هي التي تتصل بها اتصالا مباشرا ، وإن
كانت قد تذكر جزءا صغيرا مما وراءها من الصورة ، وقد تخدع نفسها فتصور
أنها تساعد في رسم أجزاء الصورة التي تمتد أمامها .

وربما يصحح أن نشبه وعينا بإحساس إصبع الرسام وهو يمر بريشته
فوق صورة لم ينته منها ، وفي هذه الحال لا يكون اعتقاده بأنه يؤثر فيما
سيأتى من أجزاء الصورة مجرد خيال . ولا يستطيع العلم في الوقت الحاضر
أن يحدثنا إلا قليلا عن الطريقة التي يدرك بها وعينا الصورة ، لأن أكثر
ما يعنى به العلم هو طبيعة الصورة نفسها .

ولقد مررنا كيف أن الأثير الذي كان يظن في وقت من الأوقات أنه يملأ الكون قد رد إلى شيء معنوي مجرد، هو إطار للفضاء الفارغ لا يزيد على الأبعاد الفضائية لفقاعة من الصابون يتكوّن غشاؤها من فراغ. وكذلك رُدت الموجات التي كان يظن في وقت من الأوقات أنها تخترق هذا الأثير إلى شيء لا يزيد إلا قليلا على الشيء المعنوي المجرد، فهو تجمعات على المقطع الناشئ عن قطع الفقاعة بالزمن.

وهذه الصفة التجريدية، التي يتصف بها ما كان يعدّ في وقت من الأوقات "موجات أثيرية" مادية، تعود فتظهر في شكل أوضح عندما نعود لنظام الموجات التي يتكوّن منها الكهروب. "فالأثير" الذي يفسر لنا تفسير الإشعاع العادي — كضوء الشمس مثلا — له ثلاثة أبعاد فضائية مضافة إلى بعده الزمني الواحد، وكذلك توجد مثل هذه الأبعاد للأثير الذي نصف به الموجات التي تكوّن كهربا منفردا معزولا في الفضاء، وقد يكون هذا الأثير هو نفس الأثير الذي تقدم ذكره وقد لا يكونه، ولكنه في الحالتين يتفق معه في أن له ثلاثة أبعاد فضائية وبعدا زمنيا واحدا. غير أن الكهرب المنفرد المعزول في الفضاء هو كون عديم الحوادث البتة، وإنما تحدث أبسط الحوادث التي يمكن تصورها عندما يتقابل كهربان، فلكي نصف في أبسط صورة ما يحدث عند تقابل كهربين تتطلب نظرية الميكانيكا الموجية وجود مجموعة من الموجات في أثير له سبعة أبعاد: ستة منها فضائية — ثلاثة لكل من الكهربين — وبعده زمني واحد. ولأجل أن نصف تلاقى ثلاثة كهارب، نحتاج إلى أثير ذي عشرة أبعاد: تسعة منها فضائية — ثلاثة لكل كهرب أيضا — وبعده زمني واحد.

ولولا ذلك البعد الزمني الأخير الذى يربط كل الأبعاد الأخرى معا اوجدت الكهارب فى أفضية ثلاثية الأبعاد مختلفة غير متصلة ، وإذن فالزمن يقوم بما يقوم به الملاط من ربط لبنات المادة معا ، كما يربط العقل الكلى فى المستوى الروحى ” الذرات الروحية المستغلقة “ التى يقول بها لينتز (١) ، وقد نكون أقرب إلى الواقع إذا تصورنا الكهارب على أنها مادة الفكر وتصورنا الزمن على أنه عملية التفكير .

وأظن أن أكثر علماء الطبيعة متفقون على أن الفضاء السباعى الأبعاد الذى تصوّره نظرية الميكانيكا الموجية تلاقى كهربين خيال محض ، وفى هذه الحال يجب أن تعد الموجات التى تصحب الكهارب خيالية أيضا ، ولذلك يقول الأستاذ شرودينجر (٢) فيما كتبه عن الفضاء السباعى الأبعاد :

”إنه على الرغم من أن له معنى طبيعيا محدودا ، فإنه لا يجوز لنا أن نقول « بوجوده » وعلى ذلك لا يصح أيضا أن نقول « بوجود » حركة تموجية فى هذا الفضاء ، بالمعنى العادى المقصود من كلمة « وجود » . وليست تلك الحركة فى الحقيقة إلا مجرد وصف رياضى صالح لما يحدث ، وقد يكون الأمر كذلك فى حالة الكهرب المنفرد أيضا ، فلا تعد الحركة الموجية « موجودة » بالمعنى الحرفى الضيق لهذه الكلمة ، وإن كان الفضاء الافتراضى الذى تحدث فيه هذه الحركة ينطبق بطريق الصدفة على الفضاء العادى فى هذه الحالة البسيطة الخاصة .“

غير أنه يصعب علينا أن نتصور كيف نضع طائفة معينة من الموجات في درجة من درجات الحقيقة تقل عن الدرجة التي نضع فيها طوائف أخرى منها ، ذلك أن من السخف أن نقول إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية ، وإن موجات أزواج الكهارب خيالية . إن موجات الكهارب المنفردة حقيقية إلى حد تستطيع معه أن تسجل وجودها على لوح فتوغرافي ، وأن تحدث الشكل الموضح باللوحة رقم ٢ ، وليس ثمة إلا وسيلة واحدة لتخلص من هذا التناقض والعودة إلى الانسجام ، وهي أن نفترض الموجات جميعها : موجات الكهربين ، وموجات الكهرب المنفرد ، والموجات التي ظهرت على لوح الأستاذ طمسبن الفتوغرافي ، في درجة واحدة من الحقيقة أو اللاحقيقة .

ويعالج بعض علماء الطبيعة هذا الموقف بأن يعتدوا موجات الكهرب موجات احتمال . إننا إذا تحدثنا عن موجة من أمواج المد والجزر فإنما نقصد موجة مادية من الماء تبلل كل ما يقابلها في طريقها ، وإذا تحدثنا عن موجة حرارة فإنما نقصد شيئا يسخن كل ما يعترضه في طريقه وإن لم يكن هذا الشيء ماديا ، وأما إذا تحدثت الصحف المسائية عن موجة انتحار ، فإنها لا تقصد أن كل فرد في طريق هذه الموجة سوف ينتحر ، وإنما تقصد أن احتمال انتحاره يزداد ، فإذا مرت موجة انتحار فوق لندن ارتفعت فيها نسبة وفيات الانتحار ، وإذا مرت فوق جزيرة ربنسن كروزو ازداد الاحتمال بأن هذا الساكن الوحيد سوف يقتل نفسه ، وكذلك يقال إن الموجات التي تمثل كهربا واحدا حسب نظرية الميكانيكا الموجية قد تكون

موجات احتمال ، وتقيس شدة هذه الموجات في أية نقطة معينة درجة احتمال وجود الكهرب في هذه النقطة .

وإذن فشدة الموجة عند كل نقطة في لوحة الأستاذ طمس (في شكل ٣، ٢ لوحة ٢) هي مقياس لما يوجد من احتمال في أن يصيب اللوحة عندها كهرب منفرد حائد ؛ فإذا حادت طائفة بأكلها من الكهارب فان مجموع عدد الكهارب التي تصيب أية نقطة يتناسب بطبيعة الحال مع درجة احتمال إصابة كل كهرب منفرد هذه النقطة ؛ وعلى ذلك يقيس اسوداد اللوح مقدار الاحتمال لكل كهرب .

ولهذا الرأي ميزة كبيرة ؛ هي أنه يُمكن الكهارب من أن تحتفظ بذاتيتها فلو أن موجات الكهرباء كانت موجات مادية حقيقية لكان محتملا أن تشتت التجربة السالفة الذكر كل مجموعة من الموجات ، بحيث لا يبقى جسيم مكهرب على صورته في الحزمة الحائدة ، ولكان كل اصطدام بين الكهارب والمادة يؤدي إلى تحطيم الكهارب ، ولما أمكن اعتبار الكهرباء تكويننا ثابتا . ولا حاجة بنا إلى القول بأن الذي يحيد بالفعل هو سبل الكهارب لا الكهارب المنفردة ، أما تلك الكهارب المنفردة فتتحرك على هيئة جسيمات محتفظة بذاتيتها بجسيمات .

وكل هذا يتفق مع "نظرية عدم الثبت" أو نظرية "عدم قابلية التحديد" التي قال بها هايزنبرج (أنظر ص ٢٦) والتي جعلت من المستحيل دائما القول "إن كهربا معينة يوجد هنا في هذه النقطة بالذات ، وإنه يتحرك بسرعة كذا من الأميال في الساعة بالضبط" ؛ وكذلك يتفق مع قاعدة ديراك العامة

التي سبق توضيحها (انظر ص ٣٠) غير أن هاتين القاعدتين وخدامهما لا تكفيان لتوضيح حقيقة موجات الكهرب كاملة .

ويرى هايزنبرج وبوهر^(١) أن هذه الموجات يجب أن تعد مجرد تمثيل رمزي لما نعرفه عن حالة الكهرب وموضعه المحتملين . فإذا كان الأمر كذلك فإن هذه الموجات تتغير كلما تغيرت معلوماتنا ، ويصبح وجودها إلى حد كبير وجودا شخصيا لا شيئا ، وبذلك لا تبقى بنا حاجة قط إلى أن نتصور الموجات حالة في الفضاء والزمن ، بل تصبح مجرد صور ذهنية لقانون رياضي موجي في طبيعته ، ولكنه معنوي محض .

وهناك احتمال آخر أقوى من الاحتمال السابق ينشأ أيضا مما أشار إليه بوهر ، وهو أن أدق ظواهر الطبيعة لا يتاح لها البتة أن تظهر في إطار الفضاء والزمن . وبناء على هذا الرأي لا يكون المتصل الرباعي الأبعاد الذي فرضته نظرية النسبية ملائما . إلا لبعض ظواهر الطبيعة ، ومن بينها الظواهر ذات المقياس الواسع والإشعاع في الفضاء الخالي ، أما الظواهر الأخرى فلا يمكن تصويرها إلا في خارج هذا المتصل . لقد حاولنا من قبل مثلا أن نصور الوعي على أنه شيء خارج المتصل ، ورأينا كيف أن أبسط تصوير لاجتماع كهربيين إنما يكون في سبعة أبعاد ، وفي وسعنا أن نتصور أن الحوادث التي تحدث خارج المتصل كله تحدد ما نسميه ” مجرى الحوادث ” داخل هذا المتصل ، وأن ما يلوح لنا من عدم خضوع الطبيعة لهذا التحديد قد يكون منشؤه أننا نحاول أن نحصر

في متصل قليل الأبعاد ما يقع من الحوادث في أبعاد كثيرة . تصور مثلاً نوعاً من الديدان العمياء لا تتعدى مداركها الحسية سطح الأرض ذى البعدين . والذي تبتل من حين إلى حين أجزاء منه موزعة فيه على غير نظام معين . فاما نحن الذين تتسع مداركنا لتصور فضاء ذى أبعاد ثلاثة فنسمى هذو الظاهرة مطرة ، ونعلم أن الحوادث في البعد الثالث من أبعاد الفضاء تحدد تحديداً مطلقاً معدوم النظر أي الأجزاء سوف تبتل وأيها سبق جافة ، وأما الديدان التي لا تشعر حتى بوجود هذا البعد الثالث فإنها اذا حاولت أن تقحم الطبيعة كلها في الإطار ذى البعدين الذي تعيش فيه فإنها لا تستطيع أن تحدد على سبيل الجزم أي الأجزاء تبتل وأيها تظل جافة . ولا تستطيع الديدان العلماء إلا أن تبحث في ابتلال مساحات جد صغيرة أو جفافها في صيغ احتمالية ، وقد تنبج إلى البحث فيه على أنه الحقيقة النهائية . ومع أنه لم يحن بعد الوقت الذي نستطيع فيه أن نبدي في هذو المسألة رأياً قاطعاً فانه يظهر لي شخصياً أن تفسير المسألة على هذا الوجه سيكون أرجح التفسير وأكثرها قبولاً . وكما أن الظلال الواقعة على جدار تكون مسقطاً ذا بعدين لحقائق ثلاثية الأبعاد ، فكذلك الظواهر التي تقع في متصل الفضاء والزمن قد تكون مساقط ذات أبعاد أربعة لحقائق تسغل أكثر من أربعة أبعاد ، وعلى ذلك لا تكون الحوادث التي تقع في الزمن والفضاء " أكثر من " صف متحرك من الأشكال الظلية السحرية تغدو وتروح ."

وقد يعترض معترض بأننا قد أعمرنا نظرية الميكانيكا الموجية اهتماماً أكثر من الواجب ، مع أنها ليست سوى صورة رياضية لا أكثر ولا أقل ،

على حين أنه قد توجد صور رياضية أخرى يخطئها الحصر نفى بالفرض وفاء هذه النظرية ، وقد تؤدي إلى نتائج مختلفة عن نتائجها كل الاختلاف .

نعم إن الصورة التي ترسمها الميكانيكا الموجية ليست هي الصورة الوحيدة ، بل إن في الميدان نظما أخرى ولا سيما نظم هايزنبرج وديراك ، غير أن جميع هذه النظم في حقيقة الأمر تصور شيئا واحدا بعبارات مختلفة كثيرا ما تكون أكثر تعقيدا ، ولم يوضع بعد نظام آخر يفسر الأمور في يسر كثير ويبدو منطبقا على الطبيعة كنظام الميكانيكا الموجية الذي وضعه دي بروي وشرودينجر . وتشهد بعض الصور الفتوغرافية كأتى بلوحة (٢) بأن نظام الطبيعة تدخل في تكوينه الأساسي بطريقة ما موجات ذات أطوال موجية معينة . وهذه الأمواج هي الفكرة الأساسية التي تستند إليها نظرية الميكانيكا الموجية ، على حين أنها تبدو في نظر النظم الأخرى نتائج ثانوية متكلفة . وقد أظهرت نظرية الميكانيكا الموجية بسبب السهولة المتأصلة فيها مقدرة على أن تنفذ إلى أسرار الطبيعة إلى أبعد مما يستطيعه أى نظام آخر ، وبذلك صغر شأن جميع النظم الأخرى وتخلفت إلى الوراء . فكأنها النصب الخشبية التي تعين على إقامة البناء وهو عمل له قيمته ، غير أننا لبس في وسعنا أن نسند إليها أكثر من هذا .

فإذا شئنا أن نركز اهتمامنا في صورة واحدة من الصور السابقة فلدينا ما يبرر اختيارنا تلك الصورة التي تمدنا بها نظرية الميكانيكا الموجية ، وإن كان كل من نظامي هايزنبرج وديراك يؤدي بنا في واقع الأمر إلى نفس النتيجة تقريبا . وحقيقة الأمر في أبسط عبارة هي أن جميع الصور التي

يصور بها العلم الطبيعة والتي يلوح أنها دون غيرها هي التي تتفق مع الحقائق
المشاهدة إنما هي صور رياضية بحتة .

وسيقول معظم العلماء إنها مجرد صور ، ولك أن تسميها خيالات إذا
كنت تعنى بذلك أن العلم لم يلمس بعد الحقيقة النهائية . وقد يرى كثيرون
من الناحية الفلسفية العامة أن أهم ما أنتجه علم الطبيعة في القرن العشرين ليس
هو نظرية النسبية وما أدت إليه من إدماج الفضاء والزمن معا ، ولا هو
نظرية الكم وما يبدو منها في الوقت الحاضر من إنكار لقوانين السببية ،
ولا هو تمزيق الذرة وما كشف عنه هذا التمزيق من أن الأشياء ليست كما تبدو
في ظاهرها ، بل أهم من هذا كله إقرارنا العام بأننا لم نلمس بعد الحقيقة
النائية ، فكأننا ، كما قال أفلاطون في تشبيهه الشهير ، لانزال محبوسين في كهفنا
مستدبرين الضوء ، ولا نستطيع أن نشاهد غير الظلال على الجدار . وكل
ما يطلب إلى العلم الآن هو أن يدرس هذه الظلال ، وأن يتبناها ويفسرها
بأسهل طريقة مستطاعة . وكل ما نحن واجدوه في سبل المعرفة الجديدة
المدهشة أن الطريقة التي تفسر هذه الظلال تفسيرا أوضح وأتم وأكثر من
غيره انطباقا على الطبيعة هي الطريقة الرياضية ، أي تفسيرها في صور رياضية .
ولقد قال جاليليو إن " كتاب الطبيعة العظيم قد كتب بلغة رياضية " وهو
قول صحيح إذا فهم على وجه يختلف بعض الاختلاف عما كان يقصده به ،
وقد بلغ من صحته حدا يجعل من الآمال الضائعة أمل غير الرياضى في أن
يصل إلى تفهم فروع العلم التي تحاول الكشف عن طبيعة الكون الأساسية ،
أي أن يفهم حق الفهم نظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية الميكانيكا
الموجية .

وإذا ما نظرنا إلى المبادئ الأولية وحدها ، فإن الظلال التي تلقى بها الحقيقة على جدار كهفنا يمكن أن تكون على عدة أنواع ؛ فمن الممكن أن نتصور أن هذه الظلال عديمة المعنى كلية بالنسبة إلينا ، كما يبدو عديم المعنى شريط سينمى يوضح نمو الأنسجة الدقيقة المكاب تسلك خطأ إلى حجرة المحاضرات . والحق أن أرضنا جد صغيرة إذا قيست بالكون كله ، وأن جميع الظواهر تدل على أننا نحن الأحياء المفكرين الوحيديين في الفضاء كله ، حسب ما وصل إليه علمنا ، قد وجدنا على ظهرها بطريق المصادفة ، بعيدين كل البعد عن دائرة النظام الأصلي للكون ، حتى ليحتمل كل الاحتمال بداءة ، أنه مهما يكن معنى الكون بوجه عام ، فإن هذا المعنى يسمو على تجاربنا الدنيوية سموًا يجعلنا عاجزين عن إدراكه ، فإذا صح ذلك كان معناه أنه ليس لنا ما نعتمد عليه حين نبدأ في البحث عن المعنى الحقيقي للكون .

ومع أن هذا هو أكثر الأمور احتمالًا ، فليس ثمة ما يمنع من أن تكون بعض الظلال التي ألقيت على جدران كهفنا قد توحى إلينا بأشياء وأعمال ألقناها نحن سكان الكهوف في كهوفنا من قبل . فظل الجسم الساقط يسلك كما يسلك الجسم الساقط نفسه ، ولذلك يذكرنا بالأجسام التي سبق أن أسقطناها ، ويغرينا بأن نفسر هذه الظلال تفسيرًا آليًا . وهكذا نشأ علم الطبيعة الميكانيكية في القرن الماضي ، فإن هذه الظلال كانت تذكر العلماء من أسلافنا بسلوك الهلاميات والدوامات الدزارة وقضبان الضغط والعجلات المسننة ، ولذلك ظنوا الخيالات حقائق ، فاعتقدوا أنهم يرون أمامهم كونا من الهلاميات والأدوات الميكانيكية . أما نحن فنعرف الآن أن هذا التفسير ناقص نقصًا بينا ، لأنه عاجز عن أن يفسر أبسط الظواهر ، كانتشار

شعاع الشمس ، وتركيب الإشعاع ، وسقوط التفاحة ، ودوران الكهارب في الذرة .

وكذلك يذكرنا ظل مباراة الشطرنج التي يقوم بها اللاعبون في ضوء الشمس بمباريات الشطرنج التي قمنا بها من قبل في كهفنا . وقد نميز حيننا بعد حين حركات الفرسان ، أو نشاهد الطوابي تتحرك في وقت واحد مع الملوك والوزراء ، أو نرى حركات خاصة لقطع الشطرنج تشبه الحركات التي اعتدنا أن نأتيها نحن فلا نستطيع أن نعزوها إلى المصادفة ، ولا نعود ننظر إلى الحقيقة الخارجية نظرتنا إلى الآلة ، لأن دقائق عملها قد تكون آلية ولكنها في جوهرها حقيقة فكرية ؛ ولذلك يجب أن ننظر إلى لاعبي الشطرنج في ضوء الشمس على أنهم كائنات تسيطر عليهم عقول مثل عقولنا ، وأن نجد ما يوافق أفكارنا في عالم الحقيقة التي ظلت على الدوام محجوبة عن مشاهدتنا المباشرة .

وعند ما يدرس العلماء دنيا الظواهر ، أى الظلال التي تلقى بها الطبيعة على جدار كهفنا ، فانهم لا يجدون هذه الظواهر غامضة غموضا تاما ، ولا يجدونها تمثل أجساما غير معروفة أو غير مألوفة ، بل الأمر كما يظهر لي هو أننا نستطيع أن نتبين لاعبين للشطرنج في ضوء الشمس يلوح أنهم ملمون بالمأما تاما بقواعد اللعب كما وضعناها نحن في كهفنا . والآن فلنترك هذه الاستعارات ونقول إنه يلوح أن الطبيعة مألوفة بقواعد الرياضة البحتة كما وضعها علماءنا الرياضيون في أثناء دراساتهم ، فأخرجوها من خبايا وعيهم من غير أن يلجأوا كثيرا إلى صلاتهم بالعالم الخارجى . والمقصود " بالرياضة البحتة " تلك الأقسام الرياضية التي هى من ابتداع التفكير البحت ، ومن

عمل العقل في دائرته الخاصة ، وهي غير ” الرياضيات التطبيقية “ التي تفكر في الوجود الخارجي ، بعد أن تفترض له خواص تجعل منها مادتها الأولية . وقد بحث ديكارت فيما حوله عن مثل للانتاج العقلي البحت لا تشوبه الملاحظة ، (مذهب العقلين) فاختار الحقيقة الآتية ، وهي أن مجموع زوايا المثلث الثلاث يساوي حتما زاويتين قائمتين . وقد كان هذا الاختيار كما نعلم الآن غير موفق ، وكان من السهل أن يعتمد إلى اختيار أمثلة أخرى أقل تعرضا للنقد من المثال السابق ، كقوانين الاحتمالات وقوانين عمليات الأعداد ” التخيلية “ وهي أعداد تحتوي على جذور تربيعية لمقادير سالبة ، أو الهندسة المتعددة الأبعاد . ولقد وضع هذه الفروع الرياضية في الأصل العلماء الرياضيون وصاغوها في صيغ التفكير المجرد ، لا يكادون يتأثرون فيه باتصالهم بالعالم الخارجي ولم يستعينوا عليه بشيء من خبرتهم فأوجدوا بذلك ” عالما مستقلا خلقوه بقوة التفكير الخالص “ .

والآن نستبين أن التمثيل الظلي الذي نسميه سقوط التفاحة على الأرض ، أو ارتفاع الماء وانخفاضه في المد والجزر ، أو حركة الكهارب في الذرة ، كلها أدوار يقوم بها ممثلون متضلعون في هذه المدركات الرياضية البحتة — متضلعون في قوانين لعبة الشطرنج التي وضعناها من عهد طويل قبل أن نعرف أن الظلال التي على الجدار كانت هي أيضا تلعب الشطرنج .

فإذا حاولنا أن نكشف عن طبيعة الحقيقة المستترة وراء هذه الظلال ، واجهتنا الحقيقة الآتية ، وهي أن كل المناقشات عن الطبيعة النهائية للأشياء تكون حتما غير مجدية ما لم يكن لدينا مقاييس خارجية نقيسها بها ،

ولهذا السبب يكون "الجوهر الحقيقي للأشياء"، كما يقول لوك^(١)، مما لا يستطيع معرفته، ويكون الطريق الوحيد الذى يجب أن نسلكه لتقدم به إلى الأمام هو بحث القوانين التى تتحكم فى التغيرات التى تحدث فى المادة، وتنتج عنها ظواهر العالم الخارجى التى نستطيع أن نوازن بينها وبين ما أوجدته عقولنا من صور معنوية .

وإليك مثلاً لذلك، إن المهندس الأصم الذى يدرس عمل بيان^(٢) إلى قد يحاول أولاً أن يفسره بأنه آلة، ولكنه يعجز عن أن يفهم استمرار تتابع المسافات ١، ٥، ٨، ١٣ فى حركات ضواغظها، ولكن الموسيقى الأصم، وإن كان لا يسمع شيئاً، يدرك على الفور أن هذا التتابع العددي هو مسافات موسيقية فى مجموعة الأصوات التوافقية التى تعرف بالمجموعة العادية^(٣)، على حين أن غيرها من المسافات الموسيقية المتتابعة والأقل حدوثاً هى لمجموعات موسيقية أخرى، وبهذه الطريقة يشعر بصلة بين أفكاره وبين الأفكار التى أدت إلى صنع هذا البيان الآلى، ويقول إن هذا البيان الآلى قد أوجدته أفكار موسيقى. وبمثل هذه الطريقة نفسها وصلنا بدراسة عمل الكون دراسة علمية إلى نتيجة يمكن أن نلخصها بقولنا: إن الكون يبدو كأنما قد وضع تصميمه عالم من علماء الرياضيات البحتة، وإن يكن هذا التعبير ناقصاً غير دقيق لأننا لا نملك إلا تلك اللغة التى تمدنا بها مدركاتنا وتجاربنا الدنيوية .

(١) J. Locke

(٢) pianola وهو بيان يدار بطريقة آلية .

(٣) ما يسمى بالانجليزية "Common Cord" والمؤلف من "دو" و"مى" و"سول". وجواب الـ "دو" وتقابل السلم العربى "الرصدا" والـ "نيمبرسلاك"، "النواة" والـ "الأوج".

ولا نكاد نأمل أن يسلم هذا الرأي من النقد ، بحجة أننا إنما نكيف الطبيعة حسب آراء لنا سبق تصورهما ، فقد يقال إن الموسيقى ربما يكون قد ملكت لبه الموسيقى حتى أصبح يحاول تفسير كل قطعة من جهاز على أنها آلة موسيقية ، وقد تتأصل فيه عادة النظر إلى كل المسافات على أنها مسافات موسيقية ، فاذا ما سقط عن سلم واصطدم بدرجاته : الأولى والخامسة والثامنة والثالثة عشرة بطريق المصادفة رأى في سقوطه هذا نغما موسيقيا . وكذلك المصور على طريقة المكعبات ، لا يرى سوى المكعبات في كل ما تحتويه الطبيعة من ثراء يحل عن الوصف ؛ غير أن عدم انطباق صورده على الحقيقة يدل على أنه بعيد كل البعد عن أن يفهم الطبيعة ؛ وليست نظراته المكعبية إلا غمامات تمنعه من أن يرى إلا جزءا ضئيلا من العالم الفخم الذى يحيط به . كذلك يمكن أن يقال إن العالم الرياضى لا يرى الطبيعة إلا من خلال الغمامات الرياضية التى اصطنعها لنفسه . ومما هو جدير بالذكر أن " كانت (١) " اختتم بحثه فى طرق الإدراك التى يفهم بواسطتها العقل الإنسانى الطبيعة بقوله إن العقل يميل بصفة خاصة إلى أن ينظر إلى الطبيعة من خلال مناظير رياضية ، وكما أن الإنسان الذى يضع على عينه منظارا أزرق لا يرى إلا عالما أزرق ، فكذلك يرى " كانت " أننا بسبب تحيزنا العقلى نميل إلى أن نرى عالما رياضيا فحسب ؛ فهل يكون جدلنا هذا مجرد تصوير لهذه العثرة القديمة إن صح أنها عثرة ؟

ولحظة من التفكير تجعلنا نرى أن الأمر لا يمكن أن يقف عند هذا الحد ، فان التفسير الرياضى الحديد للطبيعة لا يمكن أن يكون كله ناشئا من نظرتنا

إليها - أى من نظرتنا الذاتية إلى العالم الخارجى - ولو كان الأمر كذلك
لكنا قد عرفناه منذ أمد طويل . إن العقل الإنسانى فى نوعه وأسلوب
تفكيره لم يتغير الآن عما كان منذ قرن مضى ، ولذلك فإن التغير الحديث
الهام الذى طرأ على التفكير العلمى إنما نتج عن تقدم سريع فى المعارف
العلمية ، ولم ينتج عن أى تبدل فى العقل الإنسانى . لقد وجدنا شيئا جديدا
لم يكن من قبل معروفا فى الكون الموضوعى القائم خارجا عنا ؛ وقد فشل
أسلافنا الأقدمون حين حاولوا تصوير الطبيعة فى صور بشرية قاموا هم
بخلقها ، وكذلك فشل أسلافنا الأقربون فى تصوير الطبيعة على أسس من
الهندسة الإنشائية ، لأن الطبيعة أثبت أن تلائم بينها وبين هاتين الصورتين
اللتين هما من وضع الإنسان ، على حين أن محاولتنا تفسير الطبيعة بصيغ من
مدرجات الرياضسة البهتة قد أصابت نجاها باهرا حتى الآن . وقد يلوح
أنه لا نزاع الآن فى أن الطبيعة تتفق بطريقة ما مع مدرجات الرياضسة
البهتة أكثر مما تتفق مع مدرجات علم الأحياء أو الهندسة الإنشائية ،
وحتى إذا كان التفسير الرياضى هو أيضا صورة ثالثة من وضع الإنسان ،
فانه على الأقل يلائم الطبيعة الخارجية أكثر مما تلائمها الصورتان اللتان
حاولنا تطبيقهما من قبل .

وعند ما حاول العلماء منذ مائة عام أن يفسروا العالم تفسيراً آليا لم ينبز
لهم رجل حكيم يؤكد لهم أن النظرة الآلية لا بد أن يخطئها التوفيق فى آخر
الأمر ، وأن الظواهر الكونية لن يكون لها معنى إذا لم تعرض عرضا رياضيا
بجنا ، ولو أنهم تقدموا بحجة مقنعة فى هذا السبيل لوفروا على العلم ما بذله
من جهود كثيرة عقيمة . فإذا قال أحد الفلاسفة الآن : "ليس ما وفقم

إليه بالشئ الجديد ، لقد كنت أستطيع أن أقول لكم على الدوام إن هذا هو الذى يجب أن يكون“ فإن العالم قد يسأله بحق : ”ولم لم تجربنا بهذا إذن ، فكنا نقف على معلومات قيمة حقا ؟“ .

ونحن نزعم أن الكون يبدو لنا الآن فى مظهر رياضى ، ولكن بمعنى يختلف كل الاختلاف عن كل ما فكر فيه ”كانت“ ، وعن كل ما كان يمكن أن يفكر فيه ، وبجملة القول إن الرياضة هبطت على الكون من أعلى ولم تجئه من أسفل .

وربما قيل إن كل شئ رياضى بمعنى ما . وأبسط فروع الرياضيات هو الحساب ، علم الأعداد والمقادير التى تتغلغل فى الحياة بأسرها . فالتجارة مثلا ، وأهم ما فيها العمليات الحسابية : إمساك الدفاتر وجرّد البضائع ونحوهما ، هى فى معنى من معانيها صناعة رياضية ، ولكن الكون لا يبدو الآن رياضيا بهذا المعنى .

وكذلك يجب أن يكون كل مهندس رياضيا إلى حد ما ، إلا أنه إذا شاء أن يحسب الخواص الميكانيكية للأجسام ويتنبأ بها بدقة كان عليه أن يستخدم فى ذلك المعلومات الرياضية ، ويبحث فى مسأله من خلال مناظير رياضية . ولكن هذه أيضا ليست هى النظرة التى أخذ العلم ينظر بها إلى الكون على أنه كون رياضى ؛ ذلك أن رياضة المهندس لا تختلف عن رياضة صاحب الحانوت إلا فى أن الأولى أكثر تعقيدا من الثانية ، وإن كانت لا تزال مجرد وسيلة للحساب ، فهى لا تستخدم فى تثمين البضائع التى فى السوق أو تقدير الأرباح ، بل تستخدم فى احتساب الإجهادات والانفعالات أو التيارات الكهربائية .

وكذلك يروى بلوتارخوس^(١) أن أفلاطون كان يقول: "إن الله يهندس على الدوام"^(٢) ثم يتخيل بلوتارخوس مجلسا من مجالس العلم قد عقد ليناقد ما كان يقصده أفلاطون بقوله هذا . ولا شك في أنه كان يقصد شيئا يختلف كل الاختلاف في نوعه عما نعينه نحن بقولنا إن صاحب المصرف دائما يحسب . ومن بين الأمثلة التي يعرضها بلوتارخوس قوله : إن أفلاطون قد قال إن الهندسة تقيم حدودا لأشياء ما كانت تحدد بدونها ؛ وإنه قال إن الله قد أقام الكون على أساس الخمسة المجسمات المنتظمة ، وإنه كان يعتقد أن الجسيمات التي تتكون منها الأرض والهواء والنار والماء هي على الترتيب مكعبات وثمانيات الأوجه وأهرام ثلاثية ومن ذوات العشرين وجها ، وأن الكون نفسه مشكل على هيئة مجسم ذي إثني عشر وجها . ويمكن أن يضاف إلى هذا ما كان يعتقد أفلاطون من أن أبعاد الشمس والقمر والكواكب "تناسب مع المسافات الثنائية" وكان يعنى بهذه المسافات سلسلة الأعداد الصحيحة التي هي قوى ٢ أو ٣ — أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ و ٨ ، ٩ ، ٢٧

وإذا كان رأى من هذه الآراء قد احتفظ بظل من الحقيقة حتى اليوم فذلك أولها ، وهو القائل بأن الكون الذى صوّرتة نظرية النسبية كون مته لا لسبب سوى أنه هندسى . أما فكرة وجود صلة أيا كان نوعها بين العناصر الأربعة والكون من جهة ، وبين المجسمات الخمسة المنتظمة

Plutarch (١)

Πλάτων ἔλεγε τὸν θεὸν αἰεὶ γεωμετροεῖν (٢)

من جهة أخرى فلم تكن إلا وهما من الأوهام ، كما أنه لا توجد صلة ما بين الأبعاد الحقيقية للشمس والقمر والكواكب وبين أعداد أفلاطون .

وجاء كبلر^(١) بعد ألفى سنة من عهد أفلاطون ، فأنفق كثيرا من الوقت والجهد محاولا أن يضع مقادير مدارات الكواكب على نسب مسافات موسيقية وفي تراكيب هندسية ، وربما كان هو أيضا يرجو أن يكشف أن المدارات قد نظمها موسيقى أو عالم من علماء الهندسة . ولقد ظن بالفعل في وقت ما أنه كشف أن المدارات تتفق نسبها مع هندسة المجسمات الخمسة ، ولو أن أفلاطون قد عرف هذه الحقيقة المفترضة لوجد فيها أكبر دلائل على ميول الخالق الهندسية . ولقد كتب كبلر نفسه يقول : " لا تستطيع اللغة أن تعبر عن سرورى العظيم بهذا الكشف " ولا حاجة بنا إلى القول إن هذا الكشف العظيم كان خاطئا ، وإن عقولنا الحديثة لترفضه على الفور ، لأنه يدعو إلى السخرية والاستهزاء ، إذ يستحيل علينا أن نتصور أن المجموعة الشمسية خلقت كاملة كما هي ، وأنها اليوم كما خرجت من يد صانعها ، بل يجب أن ننظر إليها على أنها شيء دائم التغير والتطور ، وأنها تصطنع مستقبلها من ماضيها . ولو أننا استطعنا أن نفكر ولو برهة من الزمن بعقول العصور الوسطى ، فنتخيل أن أوهام كبلر حقيقية ، وياله من خيال غريب ، لتبين لنا أنه كان خليقا به من غير شك أن يخرج منها بنتيجة ما ، ولوجب أن يكون في النظام الرياضى الذى عثر عليه فى الكون قدر يزيد على القدر الذى أضافه هو إليه ، ولاستطاع أن يقول بحق إن فى الكون رياضة

متأصلة فوق الرياضة التي استخدمها هو في الكشف عن هندسته ،
والبسط حجة في لغة المشبهة^(١) فقال إن كشفه يشير إلى أن الكون اصطنته
عالم من علماء الهندسة ، وما كان اهتمامه بقول ناquديه إن الرياضة التي
كشف عنها إنما هي من صنع نظراته الرياضية إلى الكون ليزيد على اهتمام
صائد السمك الذي يصطاد سمكة كبيرة باستخدام سمكة صغيرة طعمها لها ،
إذا قيل له "لقد رأيتك تضع بنفسك السمكة" .

وإلى القارئ مثالا لهذا أكثر جدة وأقل خيالا . أريد منذ خمسين عاما
عند ما كثر الجدل حول فكرة الاتصال بالمريخ^(٢) أن يخطر أهل ذلك
الكوكب ، على فرض وجودهم ، بأن على سطح الأرض خلقا مفكرين ،
ولكن عرضت صعوبة العثور على لغة يفهمها الطرفان ، فأشير في ذلك
الوقت إلى أن أصلح لغة يفهمانها هي لغة الرياضة البحتة ، وأقترح أن
تشعل سلاسل من المشاغل في الصحراء الكبرى^(٣) بحيث تكون شكلا
يوضح نظرية فيثاغورس^(٤) الشهيرة ، وهي التي تنص على أن مجموع المربعين
المنشأين على الضلعين الصغيرين في مثلث قائم الزاوية يساوي المربع المنشأ
على الضلع الأكبر . وقد لا يكون لهذه الإشارات أى معنى لدى أغلب أهل
المريخ ، ولكن قيل إن علماء الرياضة في المريخ ، إن كان في المريخ
رياضيون ، لا بد أن يفهموا أن هذه الإشارات من عمل علماء الرياضة
في الأرض ، وهم في ذلك لا يمكن أن يهتموا بأنهم يرون الرياضة في كل شيء .
ويلوح لي أن هناك شها بين هذا وبين الإشارات التي تأتي من عالم الحقيقة

(١) المشبهة هم الذين يغفلون الله أوصاف البشر .

(٢) Mars (٢) The Sahara (٣) Pythagoras (٤)

الخارجى والتي تلقى الظلال على جدران الكهف الذى نحن مسجونون فيه ، مع مراعاة ما بين الحالتين من فروق فى التفاصيل . غير أننا لا نستطيع أن نفسر هذه الظلال بأنها ظلال يلقيها ممثلون أحياء أو تلقيها آلة من الآلات ، ولكن عالم الرياضة البحتة يعرف أنها تمثل نوعا من الآراء التى سبق أن ألفها فى دراساته .

ولن نستطيع بطبيعة الحال أن نخرج من هذا بأية نتيجة إذا كانت مدركات الرياضة البحتة التى نجدها متصلة فى تركيب الكون ليست إلا جزءا من مدركات الرياضة التطبيقية التى استخدمناها للكشف عن نواويس الكون ، أو كانت قد دخلت فى تركيب الكون عن طريقها . وإذا ما تبين أن الطبيعة لا تعمل إلا طبقا لمدركات الرياضة التطبيقية ، فليس يدل هذا على شيء ، لأن هذه المدركات إنما وضعها الإنسان عن قصد وتدبر لتلائم سنن الطبيعة ، ولهذا قد يعترض أيضا بأن رياضتنا البحتة نفسها لا تمثل فى الحقيقة والواقع إحدى مبتكرات عقولنا بقدر ما تمثل محاولة لفهم سنن الطبيعة تستند على ذكريات منسية أو كامنة فى العقل الباطن . فإذا كان الأمر كذلك فلا عجب أن تكون الطبيعة تعمل طبقا لقوانين الرياضة البحتة ، وليس من المستطاع أن ننكر أن بعض المدركات التى يعمل على أساسها عالم الرياضة البحتة إنما أخذها مباشرة عن اتصاله بالطبيعة . ومن الأمثلة الواضحة لهذه المدركات فكرة المقدار ، وإن كانت هذه من المدركات الأساسية التى يصعب تصور نظام للطبيعة يمكن إخراجها منه إخراجا تاما . وثمة مدركات أخرى لصلتنا بالطبيعة بعض الأثر فيها ، ومنها الهندسة المتعددة الأبعاد التى نشأت من غير شك عن صلتنا بأبعاد الفضاء

الثلاثة ، فاذا كانت المدركات الرياضية البحتة الأكثر تعقيدا قد انتقلت إلينا من سنن الطبيعة نفسها ، فلا بد أنها كانت كامنة في عقولنا الباطن في قرار منه بعيد . وهذا الاحتمال القابل للجدل الكثير لا يمكن إهماله إهمالا تاما ، غير أنه من أصعب الأشياء أن نعتقد أن هذه المدركات المعقدة كفكرة الفضاء المنحنى المنتهى وفكرة الفضاء المتمدّد قد جاءت إلى عالم الرياضة البحتة من اتصالنا بسنن الكون ذاته اتصالا لا شعوريا أو باطنيا . ومهما يكن من شيء فقلما يجادل أحد في أن الطبيعة وعقولنا الرياضية الواعية تعمل طبقا لقوانين واحدة . فالطبيعة لا تكيف سلوكها ، إذا جاز هذا التعبير ، حسب ذلك السلوك الذي تفرضه علينا أهواؤنا وعواطفنا ، أو حسب سلوك أعصابنا ومفاصلنا ، ولكنها تتكيف حسب سلوك عقولنا المفكرة ، ويظل هذا الرأي صحيحا سواء كانت عقولنا هي التي تفرض قوانينها على الطبيعة ، أو كانت الطبيعة هي التي تفرض قوانينها علينا ، وفيه ما يزر تبريرا كافيا ما نراه من أن الكون قد أقيم على أسس رياضية . فاذا عدنا مرة أخرى إلى لغة المشبهة البدائية التي استعملناها من قبل قلنا إننا لم نرتض أن يكون الكون قد وضع رسومه مهندس أو عالم في علوم الأحياء ، وها قد بدأ الآن يتضح ، مما في خلق الكون نفسه من دليل ، أن مبدع الكون الأعظم عالم من علماء الرياضة البحتة .

لكنني شخصا أشعر أنه يمكن مؤقتا الانتقال بهذا التفكير المتسلسل خطوة أخرى ، وإن كان يصعب التعبير عنها بعبارة صحيحة دقيقة ، وذلك لأن لغتنا الدنيوية تحددها تجاربنا الدنيوية أيضا ، فأقول إن العالم

في الرياضة البحتة الذي يعيش على الأرض لا يعنى بالأجسام المادية ، بل يعنى بالأفكار الخالصة ، وليست مبتكراته من خلق الفكر فحسب ، بل هي أيضا مكونة من الفكر ، كما تتكون مبتكرات مهندس الآلات من آلات . ويبدو لعقلي أن المدركات التي ثبت الآن أن لا بد منها لفهم الطبيعة فهما صحيحا — كالفضاء المتناهي ، والفضاء الخالي الذي لا تختلف فيه نقطة عن غيرها إلا باختلاف خواص الفضاء وحدها ، والفضاء الرباعي أو السباعي أو الكثير الأبعاد ، والفضاء الدائم التمدد ، وتتابع الحوادث التي تقع وفق قوانين الاحتمالات لا وفق قانون السببية ، أو تتابع الحوادث التي لا يمكن وصفها وصفا تاما لا تناقض فيه إلا بإخراجها من نطاق الفضاء والزمن — أقول يبدو لعقلي أن هذه المدركات كلها مكونات من الفكر الخالص ، لا يمكن إخراجها إلى عالم الحقيقة المادية مهما يكن المعنى الذي يحق لنا أن نفهمه من لفظ ” مادية “ .

وإليك مثلا لهذا ، كثيرا ما يعترض على الذي يكتب أو يحاضر في نهائية الفضاء ، بأن وجود فضاء متناه فكرة لا معنى لها وتناقض نفسها بنفسها ، ويقول النقاد إنه إذا كان الفضاء منتها ، فإن من المستطاع الخروج عن نهاية هذا الفضاء ، وهل يمكن أن نجد في خارجه سوى فضاء آخر ؟ — وهكذا دواليك إلى ما لا نهاية ، وهذا يثبت أن الفضاء لا يمكن أن يكون منتها . وكذلك يقولون إنه إذا كان الفضاء يتمدد ففي أي شيء يتمدد إذا لم يكن في فضاء آخر ؟ — وهذا دليل آخر على أن ما يتمدد لا يمكن أن يكون إلا جزءا من الفضاء ، وعلى ذلك فإن الفضاء كله لا يمكن أن يتمدد .

والحقيقة أن نقاد القرن العشرين الذين يقولون هذا القول لا يزالون يفكرون بعقول علماء القرن التاسع عشر ؛ فهم يفترضون أولا أنه يجب أن يكون من المستطاع تمثيل الكون تمثيلا ماديا ؛ ولا شك أننا إذا سلمنا بمقدماتهم ، فلا بد في رأيي أن نسلم بنتيجتها : وهى أن كلامنا لا معنى له — لأن منطقهم سليم . غير أن العلم الحديث لا يمكن أن يسلم بهذه النتيجة ، بل يصر على أن الفضاء متناه ، وليكن بعد ذلك ما يكون . ومعنى هذا أننا يجب أن ننكر المقدمات التى يفترضها نقادنا عن غير علم ، فالكون لا يبيح لنا أن نصوره تصويرا ماديا ، وسبب ذلك فى رأيي أنه قد أصبح من المدركات الفكرية لا أكثر ولا أقل .

وفى رأيي أن هذا أيضا هو شأن غيرها من المدركات العلمية الأخرى ، التى هى أكثر منها تعمقا والتى تمثلها " قاعدة الاستبعاد " (١) التى تتطلب نوعا من " التأثير عن بعد " فى كل من الفضاء والزمن ، والتى ينخيل إلينا بمقتضاها أن كل جزء صغير من الكون يعرف بالضبط ما تعمله الأجزاء الأخرى البعيدة عنه ، وكيف عمله على هذا الأساس . وفى رأيي أن القوانين التى تسير عليها الطبيعة أقل شبا بالقوانين التى تسير عليها الآلة فى حركتها منها بالقوانين التى يسير عليها الموسيقى عند ما يضع قطعة موسيقية يستخدم فيها التسلسل الصوتى (٢) ، أو الشاعر عند ما ينظم مقطوعة غنائية . وإن حركات الكهارب لأقرب شبا بحركات جماعة

(١) هى قاعدة فى نظرية الكم الحديثة تقول باستبعاد تساوى عددين كميين لكهريين مختلفين

(٢) هو شكل من أشكال التأليف الموسيقى الغربى لتجاوب فيه الأجزاء المختلفة بقطع متكرر

ترقص رقصة الكوتيلون^(١) منها بحركات أجزاء آلة بخارية . وما دام
 "الجوهر الحقيقي للأجسام" سيبقى غير معروف إلى الأبد ، فلا يهم أن
 تكون الرقصة في مرقص حقيقي أو على ستار الصور المتحركة ، أو في قصة
 من قصص بوكاتشو^(٢) . فإذا صح كل ذلك فإن خير صورة يصور بها
 الكون ، وإن كانت لا تزال صورة ناقصة غير وافية بالغرض ، هي أنه
 مكون من فكر خالص لمفكر لا نستطيع أن نصفه إلا بأنه مفكر رياضي
 لعجزنا عن أن نجد لفظا أعم من هذا وأشمل .

وهكذا ندخل في صميم العلاقة بين العقل والمادة . إن الاضطرابات
 الذرية التي تحدث في الشمس البعيدة تجعلها تشع ضوءا وحرارة ، فيسقط
 بعض الإشعاع على أعيننا بعد أن "ينتقل في الأثير" مدة ثمانى دقائق ،
 فيسبب اضطرابا في شبكية العين ينتقل في العصب البصرى إلى المخ ، فيدركه
 العقل على هيئة إحساس ، ثم يدفع هذا الإحساس عقولنا إلى العمل ، فتنتج
 منه مثلا أفكار شعرية عن غروب الشمس . فهناك سلسلة متصلة الحلقات
 (أ) ، (ب) ، (ت) ، (ث) ، ، (و) ، (لا) ، (ى) تصل التفكير الشعرى (أ)
 بالاضطراب الذرى في الشمس (ى) عن طريق العقل المفكر (ب)
 والمخ (ت) والعصب البصرى (ث) وهكذا . أى أن التفكير (أ) ينتج
 عن الاضطراب البعيد (ى) ، كما تحدث صلصلة الجرس من جذب طرف
 حبله البعيد . وفى وسعنا أن نفهم كيف يحدث جذب الحبل المادى

(١) ال Cotillion رقصة سريعة يقوم بها ثمانية أشخاص فى أشكال منتظمة .

(٢) Boeaccio

صلصلة الجرس المادى ، لأن هناك اتصالا ماديا بينهما ، ولكننا لا نستطيع بمثل هذه السهولة أن نعرف كيف يحدث اضطراب ذرات مادية أفكارا شعرية ، لأن الذرات المادية والأفكار الشعرية تختلفان فى طبيعتهما اختلافا كليا .

ولهذا السبب يصير ديكارت على أنه لا يمكن أن يوجد اتصال ما بين العقل والمادة ، ويعتقد أنهما جوهران متباينان كل التباين ، لأن جوهر المادة هو امتداد فى الفضاء ، وجوهر العقل هو الفكر . وقد أدى به هذا إلى القول بوجود عالمين متباينين : عالم العقل وعالم المادة ، وكأنى بهما يسيران فى طريقين متوازيين مستقل كل منهما عن الآخر ولا يلتقيان أبدا .

وقد اتفق باركلي^(١) والفلاسفة المثاليون مع ديكارت على أنه إذا كان العقل والمادة مختلفين اختلافا أساسيا فى طبيعتهما فانهما لا يمكن أن يتفاعلا أبدا . ولكنهم مع ذلك يؤكدون أنهما فى تفاعل مستمر ، ولذلك يقولون إن طبيعة المادة لا بد أن تكون من طبيعة العقل ذاته ، وعلى ذلك يجب أن يكون جوهر المادة — فى لغة ديكارت — هو الفكر لا الامتداد . وكانت حججهم فى ذلك ، إذا بسطناها مفصلة ، أن الأسباب ونتائجها يجب أن تكون فى جوهرها من طبيعة واحدة ، فإذا كانت (ب) فى السلسلة السابقة تحدث (أ) وجب أن تكون (ب) من جوهر طبيعة (أ) وأن تكون (ت) من جوهر طبيعة (ب) ، وهكذا دواليك . وعلى ذلك يجب أن

تكون (ى) أيضا من جوهر طبيعة (١) ، وليس من حلقات السلسلة ما لنا به معرفة "مباشرة" سوى حلقتى أفكارنا ومشاعرنا (١) ، (ب) أما الحلقات البعيدة (و ، لا ، ى) فلا نعرف شيئا عن وجودها وطبيعتها إلا بطريق الاستنتاج — أى بالآثار التى تنقلها هذه الحلقات إلى عقولنا عن طريق حواسنا . وإذا يقول باركلى إن الحلقات البعيدة المجهولة (و) ، (لا) ، (ى) لا بد أن تكون من طبيعة الحلقات القريبة المعروفة (١) ، (ب) فانه يستدل بقوله هذا على أنها يجب أن تكون من طبيعة الأفكار ، "إذ لا شيء فى الحقيقة يشبه الفكرة غير الفكرة" ، على أن الفكرة لا يمكن أن توجد من غير عقل تقوم به ، فقد نقول إن شيئا موجودا فى عقولنا حين نعيه ، ولكن هذا لا يعلل وجوده فى الوقت الذى لا نعيه فيه . فالكوكب فلوطون^(١) مثلا كان موجودا قبل أن يجرى فى ظن الإنسان بزمان طويل وكان هذا الكوكب يسجل وجوده على ألواح فتوغرافية قبل أن تراه عيون الناس بأمد بعيد . وقد حملت مثل هذه الاعتبارات باركلى على أن يقول بوجود "كائن أبدي" توجد فى عقله جميع الأشياء ، ثم يلخص فلسفته فى أساليب رائع رنان من أساليب العهود السابقة فيقول :

"إن كل ما فى السموات من جمال منسق ، وكل ما فى الأرض من عتاد ، وجملة القول إن كل ما يبنى منه هيكل العالم العظيم من أجسام ، ليس له وجود مادي فى خارج العقل ، وما دمت أنا لا أرى هذه الأشياء بالفعل ، أو أنها لا وجود لها فى عقلى ، أو فى عقل روح من الأرواح

المخلوقة الأخرى ، فإنها إما ألا يكون لها وجود على الإطلاق ، وإما أن تكون ماثلة في عقل روح أبدي .

ويلوح لي أن العلم الحديث يصل عن طريق مبادئ كل المباني للطريقة السابقة إلى نتيجة لا تختلف عن هذه النتيجة في شيء كثير . ويلوح أن علم الأحياء حين يدرس العلاقة بين الحلقات الأولى (أ) ، (ب) ، (ت) ، (ث) من السلسلة السابقة : يقترب من النتيجة القائلة بأن هذه الحلقات كلها من طبيعة عامة واحدة . وقد تصاغ هذه النتيجة أحيانا في هذه الصيغة الخاصة وهي : بما أن علماء الأحياء يعتقدون أن (ت) ، (ث) حلقتان آليتان وماديتان ، فلا بد أن تكون الحلقتان (أ) ، (ب) آليتين وماديتين أيضا . ولكن يلوح أن المستطاع أن نقول بأنه ما دامت (أ) ، (ب) حلقتين عقليتين فيجب أن تكون (ت) ، (ث) حلقتين عقليتين أيضا ، ويكون لهذا القول ما لسابقه من قوة الحجّة . وعلم الطبيعة الذي لا يعنى كثيرا بالحلقتين (ت) ، (ث) ينتقل مباشرة إلى طرف السلسلة البعيد ، ويعكف على دراسة ما تقوم به كل من : (و) ، (لا) ، (ى) وينحى إلى أن نتأجج هذا العلم تشير إلى أن الحلقات الأخيرة من السلسلة ، سواء من جهة الكون بصفة عامة أو من جهة التركيب الداخلى للمذرة ، من طبيعة الحلقتين (أ) ، (ب) أى من طبيعة الفكر البحت . وهذا يؤدي بنا إلى نتائج باركلية نفسها ، ولكننا نصل إليها من ثانى طرف السلسلة ، أى أننا نصل أولا إلى القول الأخير من أقوال باركلية الثلاثة ، ويبدو القولان الآخران عديمى الأهمية إذا قيسا به ، وسواء كانت الأجسام "موجودة في عقل أو في عقل أى روح من الأرواح المخلوقة الأخرى" أم لم تكن ، فإن شيئيتها تنتج من وجودها "في عقل روح أبدي" .

وقد يظن من هذا أننا نوحى بنبذ المذهب الواقعي نبذا كاملا ، ووضع المذهب المثالي البحث في موضعه ، غير أننا نعتقد أن هذا عرض للموقف غير دقيق ، فإذا صح أن "جوهر الأجسام الحقيقي" مما تقصر دونه معارفنا ، لصار الحد الفاصل بين المذهب الواقعي والمذهب المثالي غامضا كل الغموض ، ولأصبح هذا الحد أثرا من آثار العصر الماضي ، الذي كان الناس يعتقدون فيه أن الحقيقة هي عين الآلية . فالحقائق الشبئية موجودة لأن أشياء معينة تؤثر بطريقة واحدة في وعيك ووعي ، ولأننا نفترض شيئا لا يحق لنا افتراضه إذا سمينا هذه الأشياء "حقيقية" أو "مثالية" . وأعتقد أن "رياضية" هي الاسم الصحيح إذا أمكن أن نتفق على أن هذه التسمية تشمل الفكر البحث كله ، وليست مقصورة على دراسات العلماء الرياضيين الإخصائيين . وهذه التسمية لا تتضمن شيئا عن الجوهر النهائي الذي تتكون منه الأشياء بل تتضمن فقط شيئا عن سلوكها .

ولا حاجة إلى القول بأن هذه التسمية التي اخترناها لا تحيل المادة إلى ضرب من ضروب الأوهام والأحلام ، بل إن الكون المادى يبقى مجسما كما كان على الدوام . واعتقادي أن هذا الحكم لا بد أن يظل صحيحا ، مهما ائتمى الآراء العلمية أو الفلسفية من تغير . ذلك أن التجسم من المدركات الذهنية البهتة التي يقاس بها مقدار الأثر المباشر الذي تحدثه الأشياء في حاسة اللمس عندنا ، فنقول إن الحجر أو السيارة جسم ، وإن الصدى أو قوس قزح غير جسم . هذا هو التعريف المألوف لكلمة "التجسم" وإن من السخف والتناقض في التعبير أن نقول إن الأحجار والسيارات يمكن بطريقة ما ، أن تصبح غير مجسمة أو حتى أقل تجسما مما كانت ، لأننا الآن

نقرنها بقوانين وأفكار رياضية ، أو التواءات في فضاء خال ، بدل أن نقرنها بطوائف من الحسيات الحامدة . ويروى عن الدكتور جنسن^(١) أنه عبر عن رأيه في فلسفة باركلي بأن قال : ” كلا ياسيدى ، وإني أثبت خطأها هكذا “ وركل برجله حجرا . وليس لهذه التجربة الصغيرة التي أجراها الدكتور جنسن بطبيعة الحال أقل علاقة بالمشكلة الفلسفية التي تدعى حلها ، وكل ما فعلته أنها برهنت على تجسم المادة . ومهما يكن من تقدم العلم فإن الأحجار لا بد أن تبقى أشياء مجسمة ، لا لسبب سوى أنها هي وكل شيء من نوعها الأصل الذي نرجع إليه في تعريف خاصة التجسم .

وقد قيل إنه كان في وسع هذا العالم اللغوى أن يخطئ فلسفة باركلي أو أنه لم يركل برجله حجرا بل ركل قبعة وضع فيها غلام لبنة خلسة ، فقد قيل إن ” عنصر المفاجأة في ذاته دليل كاف على الحقيقة الخارجية “ وإن ثمة ” دليلا ثانيا هو الاستدامة مع حدوث التغير — استدامة في الذاكرة وتغير في العالم الخارجى “ . ولكن هذا بالطبع ليس إلا مجرد رد على خطأ الذين يذهبون في نظرية وجود النفس وحدها إلى أبعد حدودها ، حين يقول قائلهم : ” كل هذا من خالق عقلى أنا ، وليس له وجود فى أى عقل غير عقلى “ . ولكن يصعب أن يعمل الإنسان عملا فى الحياة لا يبرهن على خطأ هذا القول ، وإن الاحتجاج بالمفاجأة وبالمعارف الجديدة بوجه عام لأضعف

(١) Dr. Samuel Johnson (١٧٠٩ - ١٧٨٤) عالم لغوى . وضع قاموسا فى اللغة الانجليزية ونفى فى تأليفه سبع سنوات ، وهو شخصية بارزة من شخصيات القرن الثامن عشر فى إنجلترا . يروى عنه الانجليز كثيرا من كلامه .

من أن يناهض فكرة وجود العقل الكلى ، الذى يَكُونُ عقلى وعقلك —
العقل المدهش والعقل المندهش — وحدات أو بثرات منه ، ولا تستطيع أية
خلية من خلايا المخ بمفردها أن تحيط علما بكل الأفكار التى تمر بالمخ بأجمعه .

غير أن عدم وجود أقيسة خارجية مطلقة فى حوزتنا نقيس بها التجسم
لا يمنعنا من أن نحكم بأن شيئين على درجة واحدة أو على درجتين مختلفتين
فى تجسمهما . فاذا صدمت بقدمى حجرا فى أثناء حلم من أحلامى ، فأكبر
الظن أنى أصحو وبقدمى آلام ، وأجد أن الحجر الذى رأيته فى أحلامى هو
من خلق عقلى أنا لا من خلق عقل أحد سواى ، قد أوجده دافع عصبي
نشأ فى قدمى . وقد يكون هذا الحجر مثالا لطائفة الأوهام أو الأحلام ، وهو
من غير شك أقل تجسما من الحجر الذى ركله جنسن . وقد يكون من المعقول
أن توصف مخلوقات العقل الفردى بأنها أقل تجسما من مخلوقات عقل كلى .
وكذلك قد يكون من المستطاع أن نفرق بين الفضاء الذى نراه فى أحلامنا
والفضاء الذى نراه فى حياتنا اليومية ؛ ذلك أن الفضاء الثانى الذى لا يختلف
بالنسبة لنا جميعا هو فضاء العقل الكلى . وكذلك شأن الزمن ، فإن زمن
البقطة الذى يمر بسرعة واحدة منتظمة بالنسبة لنا جميعا هو زمن العقل
الكلى . وفى وسعنا أيضا أن ننظر إلى القوانين التى تنقاد لها الظواهر
فى ساعات يقظتنا ، أى قوانين الطبيعة ، على أنها قوانين من تفكير العقل
الكلى ، وإن فى وحدة الطبيعة ما يشهد بمنطقية هذا العقل الكلى .

وإن إدراك الكون على أنه عالم من الفكر الخالص ليلقى ضوءا جديدا
على كثير من المسائل التى اعترضتنا فى بحثنا فى علم الطبيعة الحديث ،
وفى وسعنا الآن أن ندرك كيف يمكن رد الأثير الذى تحدث فيه كل

حوادث الكون إلى تجريد رياضي ، فيصير مجردا ورياضيا ، كما تكون خطوط العرض وخطوط الطول مجردات رياضية . كذلك نستطيع أن ندرك السبب في أننا يجب أن ننظر إلى الطاقة ، وهي الجوهر الأساسي في الكون ، على أنها تجريد رياضي — هو ثابت تكامل معادلة تفاضلية .

وطبيعي أن هذا الإدراك نفسه يتضمن أن الحقيقة النهائية لأية ظاهرة يعبر عنها وصفها الرياضي . فإذا لم يكن في هذا الوصف ما ينتقص منه كانت معلوماتنا عن الظاهرة كاملة ، فإذا ما تعدينا القانون الرياضي عرضنا أنفسنا للخطر ، وقد نجد نموذجا أو صورة تساعدنا على فهم الظاهرة ، ولكن ليس من حقنا أن نتوقع ذلك ، وإذا عجزنا عن أن نجد مثل هذا النموذج أو هذه الصورة ، فإن هذا العجز لا يدل حتما على أن تفكيرنا غير سليم أو أن معلوماتنا خاطئة ، وأن اصطناع النماذج أو الرسوم التي توضح القوانين الرياضية والظواهر التي تصفها لا يخطو بنا نحو الحقيقة بل يبعدنا عنها ، فهو أشبه باصطناع تماثيل منحوتة لروح من الأرواح ؛ وليس من المعقول أن نتوقع اتفاق هذه النماذج المختلفة بعضها مع بعض ، كما أنه ليس من المعقول أن نتوقع تشابه كل التماثيل التي تمثل هرمس^(١) في جميع نواحي نشاطه المختلفة : كرسول ، وبشير ، وموسيقى ، ولص ، وما إلى ذلك ؛ فمن قال إن هرمس هو الهواء كانت كل خلاله عنده منظوية في وصفه الرياضي الذي تمثله معادلة حركة الموائع القابلة للضغط لا أكثر ولا أقل . وفي وسع العالم الرياضي أن يستنبط من هذه المعادلة

دلالاتها المختلفة التى تمثل حمل الرسائل وإذاعتها وإحداث الأنغام الموسيقية وتشتيت أوراقنا ونحو ذلك ، وليس هو فى حاجة إلى تماثيل هرمس لتذكره بكل هذا . على أنه إذا اعتمد على التماثيل فليس يكفيه إلا صف منها مختلفة الأشكال ، ومع هذا لا يزال بعض علماء الطبيعة الرياضيين يجتدون فى العمل لاصطناع تماثيل منحوتة لمدرجات الميكانيكا الموجية .

وجملة القول أن القانون الرياضى لا يبين لنا ماهية الشيء ، وإنما يبين لنا مسلكه ، وهو لا يستطيع أن يعين شيئا إلا عن طريق خواصه ، ولا يحتمل أن تتفق هذه الخواص فى جميع الوجوه مع خواص جسم منفرد كبير المقياس ، من الأجسام التى نلاقيها فى حياتنا اليومية .

وهذه النظرة تريحنا من كثير من الصعاب والمتناقضات الظاهرية التى نلاقيها فى علم الطبيعة فى وقتنا الحاضر ، فلسنا بحاجة بعد الآن إلى أن نبحث هل الضوء يتكون من جسيمات أو من أمواج ، لأننا نعرف كل ما يمكن معرفته عنه إذا وجدنا قانونا رياضيا يصف سلوكه وصفا صحيحا ، ونستطيع أن نتصوره جسيمات أو أمواجا حسب مزاج عقولنا ومقتضيات ظروف الساعة ، فعندما ننظر إليه على أنه موجات نستطيع إذا شئنا أن نتخيل أثيرا ينقل الموجات ، ولكن هذا الأثير يتغير من يوم لآخر ، ولقد رأينا أنه يتغير كلما تغيرت سرعة حركتنا ، وكذلك لسنا بحاجة إلى أن نبحث هل النظام الموجى لطائفة من الكهارب يوجد فى فضاء ثلاثى الأبعاد أو فى فضاء متعدد الأبعاد أو لا يوجد على الإطلاق ، ذلك أنه موجود فى شكل قانون رياضى ، وهذا دون سواه يعبر عن الحقيقة النهائية ، ويمكن أن نتصوره على أنه يمثل الموجات فى أبعاد ثلاثة أو ستة أو أكثر كلما شئنا . كما نستطيع أن نفسر

هذا النظام على أنه لا يمثل موجات على الإطلاق ، وفي هذه الحال نكون قد اتبعنا رأى هايزنبرج وديراك . على أنه من أسهل الأشياء بوجه عام أن نفسره على أنه يمثل موجات في فضاء ، لكل كهرب فيه مجال ذو ثلاثة أبعاد ، كما أنه من أسهل الأشياء أيضا أن نفسر الكون ذا المقياس الكبير على أنه نظام لأجرام في ثلاثة أبعاد فقط ، وأن نفسر ظواهر هذا الكون على أنها نظام لحوادث في أبعاد أربعة ، على أن واحدا من هذه التفسيرات لا يمتاز بصلاحيّة مطلقة ينفرد بها دون غيره .

وعلى أساس هذه النظرة ، لا نجد بالضرورة أية غرابة في طبيعة اتصال وعينا المستمر بفقاعة الصابون الفارغة ، التي نسميها الفضاء والزمن (انظر ص ١٣٢) ، لأن ذلك يصبح مجرد اتصال بين العقل وبين شيء من خلق العقل — كقراءة كتاب أو الإصغاء إلى موسيقى . وقد لا يكون من الضروري أن نضيف ، استنادا إلى هذه النظرة للأمر ، أن اتساع الكون وخلاءه الظاهريين وحجمنا التافه فيه يجب ألا تدهشنا أو تقلق بالنا ، فنحن لا تزجنا حجوم الأشياء التي تخلقها عقولنا ولا الأشياء التي يتخيلها غيرنا ويصفها لنا . ففي قصة دي موري^(١) نرى بطرس ايتسون^(٢) ودوقة تورز^(٣) لا ينفكان يبنيان في الأحلام قصورا واسعة وحدائق مطردة الاتساع ، ولكنهما لم يشعرا برعب من كبر مخلوقاتهما العقلية ؛ بل إن اتساع الكون يصبح من دواعي الرضا لا من دواعي الخوف ، ذلك لأننا لا نكون إذن من أهل بلد حقير . وكذلك لا تكون بنا حاجة الى أن نشغل

بالنا بتناهى الفضاء ، لأننا لا نشعر برغبة فى استطلاع ما وراء الجدران الأربعة التى تحصر ما نراه فى الأحلام .

والحال كذلك فى الزمن الذى يجب أن ننظر إليه على أنه ذو امتداد ممتد ، شأنه فى ذلك شأن الفضاء ؛ فإذا نحن تتبعنا مجرى الزمن إلى الوراء ، فإننا نجد ما يدل على أننا ، بعد سياحة طويلة كافية ، لا بد واصلون إلى بدايته أى إلى وقت لم يكن قباه الكون الحاضر موجودا ؛ ذلك أن الطبيعة تمتعض من الآلات ذات الحركة المستديمة ، ولذلك نرجح اعتمادا على المبادئ الأولية أن كونها لا يحتمل أن يكون مثالا مكبرا للنظام الذى تكرمه هى ؛ ويؤيد هذا رأى دراسة الطبيعة دراسة تفصيلية . ويفسر علم الديناميكا الحرارية كيف أن كل شئ فى الطبيعة يصل إلى حالته النهائية بعملية يطلق عليها "زيادة درجة التعادل" (١) ؛ فدرجة التعادل إذن يجب أن تزيد على الدوام ، وهى لا تقف عن الزيادة إلا إذا وصلت إلى حد لا يمكن أن تتعداه ، فإذا وصل الكون إلى هذه المرحلة وأصبحت كل زيادة أخرى فى درجة التعادل مستحيلة فى الكون . وإذا لم يكن هذا الفرع من العلم كله خطأ فإن الطبيعة لا تسمح إلا بإحدى حالتين هما : النماء أو الموت وهى لا تجيز إلا سكونا واحدا هو سكون القبر .

ومن العلماء من لا يوافقون على هذا رأى الأخير ، وإن لم يكونوا فى اعتقادى كثيرين ، فهم وإن لم يجادلوا فى أن النجوم الحاضرة تفتى عن طريق الإشعاع ، يقولون إن هذا الإشعاع يعود فيتجمد إلى مادة فى مكان ما

(١) Entropy = درجة التعادل وهى خارج قسمة مقدار الحرارة على درجة الحرارة

المطلقة وهى تزيد فى الطبيعة تزايدا مستمرا .

من أعماق الفضاء السحيق . ويرون أنه قد تكون سماء جديدة وأرض جديدة في طريق التكوين ، لا من رماد السماء والأرض القديمتين ، بل من الإشعاع المنطلق من احتراقهما . هذه هي الطريقة التي يدعون بها إلى ما يمكن أن يسمى فكرة الكون الدورى الذى يفنى فى مكان ما ، وتعمل رفاقه على خلق حياة جديدة فى أماكن أخرى .

وهذه الصورة الفكرية — صورة الكون الدورى — تتعارض تعارضا تاما مع ما يجزم به القانون الثانى من قوانين الديناميكا الحرارية الذى يقول إن درجة التعادل يجب أن تزداد زيادة مستمرة ، وإن الأكوام الدورية مستحيل وجودها كاستحالة وجود الآلات ذات الحركة الدائمة ولنفس السبب تقريبا . ولا شك فى أن من الجائز أن توجد حالات فلكية ليس لنا علم بها تثبت خطأ هذا القانون ، وإن كنت أظن أن معظم العلماء المحققين يعدون هذا رأى بعيد الاحتمال إلى حد كبير . وليس من ينكر بطبيعة الحال أن فكرة وجود الكون الدورى هى أكثر الفكرتين قبولا ، ذلك أن الكثرة من الناس لا تستسيغ فكرة انحلال الكون انحلالا نهائيا ، كما لا يستسيغون فكرة انحلال ذاتيتهم . وليست محاولات الإنسان أن يتصور وجود كون خالد لا يفنى ، إلا صورة مكبرة من محاولاته تخليد ذاتيته وإن كان ما فى الأولى من السفسطة أكثر مما فى الثانية .

أما أصح الآراء العلمية فهو أن درجة التعادل فى الكون يجب أن تزداد على الدوام حتى تصل إلى قيمتها النهائية العظمى ، وهى لم تصل إلى هذه القيمة بعد ، ولو أنها قد وصلت إليها لما كنا الآن نفكر فيها ، فهى إذن

في ازدياد مستمر سريع ، وإذن فقد كانت لها بالضرورة بداية وأنه حدث ما يمكن أن يسمى ”خلقاً“ في وقت ليس ببعيد بعداً لا نهائياً .

وإذا صح أن الكون كونه من الأفكار ، فلا بد أن يكون خلقه من عمل الفكر ، وتكاد نهائية الزمن والفضاء نفسها تضطرنا إلى أن ننظر إلى عملية الخلق على أنها عمل من أعمال الفكر ؛ وإن تحديد الثوابت مثل نصف قطر الكون وعدد الكهارب التي يحتويها الكون ليستزم وجود الفكر الذي تقاس خصوبته بسخامة هذه الكميات . فالزمن والفضاء اللذان هما إطار الفكر قد كان وجودهما من غير شك جزءاً من هذه العملية . وقد كانت علوم الهيئة البدائية تتخيل خالقاً يعمل في الفضاء والزمن ، فيصوغ الشمس والقمر والنجوم من مادة غفل موجودة من قبل ، أما النظرية العلمية الحديثة فإنها تضطرنا إلى أن ننظر إلى الخالق على أنه يعمل خارج الزمن والفضاء ، اللذين هما جزء من خلقه ، كما يعمل المصوّر خارج لوحته . وهذا يطابق قول أوغسطين^(١) : ”لم يخلق الله الكون في زمن بل خلقه مع الزمن“. والحق أن هذا الرأي قديم يرجع إلى زمن أفلاطون الذي يقول :

”خالق الزمن هو والسموات في وقت واحد ، وذلك لكي يفنيا معا إذا أريد فناؤهما . هكذا كان عقل الله وفكره في خالق الزمن“ ومع ذلك فما أقل ما نعرف عن الزمن ، حتى لقد تضطرنا هذه القالة إلى أن نشبه الزمن كله بعملية الخلق ، أي تحويل الفكر إلى مادة .

وقد يعترض بأن حججنا كلها تستند إلى افتراض أن التفسير الرياضي الحاضر للعالم الطبيعي تفسير فذ إلى حد ما ، وأنه سوف يكون التفسير النهائي الصحيح . وقد يقال إن وصف الحقيقة في تشبيهنا السالف الذكر بأنها لعبة الشطرنج لا يعدو أن يكون وصفا خياليا ، جيء به لسهولة ، وإن حركات الظلال قد توصف وصفا خياليا آخر ليس أقل شأنا من الوصف السابق . والجواب أننا لا نعرف خيالا آخر يصف هذه الأمور بمثل هذا الكمال ، وهذه السهولة والكفاية ، فالرجل الذي لا يلعب الشطرنج يقول : ” إن قطعة من الخشب الأبيض ، شبيهة بعض الشبه برأس حصان ، مركبة على قائم ، قد أخذت من المربع الأسفل الذي إلى المجاور للمربع الواقع في الزاوية اليمنى من رقعة الشطرنج ، ثم حركت إلى ... ” الخ . أما لاعب الشطرنج فيقول : ” أبيض : ح إلى ٣ ف م . ” (١) وتعبيره هذا لا يوضح الحركة توضحا تاما . مختصرا فحسب بل إنه فوق ذلك يربط هذه الحركة بنظام آخر أكبر وأعم . وكذلك شأن العلم ، فإدامت معارفنا ناقصة فإن أسهل الشروح يكون فيه من الإقناع بقدر ما فيه من السهولة ، وهو يمتاز فضلا عن السهولة بأنه أكثر الشروح احتمالا بأن يكون هو الشرح الصحيح . ومع أنه يجب أن نسلم تسليما تاما بأن التفسير الرياضي قد يتضح أنه ليس نهائيا وأنه ليس أسهل تفسير مستطاع ، فإننا لا نتردد في القول بأنه أبسط وأتم تفسير عرف حتى الآن ، وعلى ذلك فإن له ، بالنسبة لمعرفتنا الحاضرة ، أكبر فرصة لأن يكون أقرب التفاسير إلى الحقيقة .

(١) يحرك صاحب القطع البيضاء فرسه إلى المربع الثالث لفيل الملك .

وقد لا يوافق بعض القراء على هذا بحجة أن التفسير الرياضى للطبيعة فى الوقت الحاضر قد لا يكون إلا خطوة وسطا إلى تفسير آلى جديد، ذلك أن عقولنا الحديثة فيما أراه تنزع بطبيعتها إلى التفسيرات الآلية . وقد يعزى بعض السبب فى هذا إلى دراستنا العلمية الأولى ، ويعزى بعضه إلى ما نراه فى كل يوم من سلوك الأجسام مسلكا آليا يبدو معه أن التفسير الآلى هو التفسير الطبيعى الذى يسهل فهمه ، ولكننا إذا بحثنا المسألة بحثا موضوعيا تاما خيل إلينا أن أهم ما يبدو لنا فى هذا البحث هو أن النظام الآلى قد لاقى حتفه ، وفشل فشلا ذريعا فى الناحيتين العلمية والفلسفية على السواء . وإذا قدر أن يحل محل الرياضة شىء آخر فإن الميكانيكا هى من أبعد الأشياء عن ذلك احتمالا .

وما أكثر ما يغيب عنا أننا لا نستطيع إلا أن نبحث هذه المسائل فى صيغ الاحتمالات ، وما أكثر ما يعير رجل العلم بأنه يبدل آراءه على الدوام ، وفى هذا ما يشعر بأنه ليس من الضرورى أن يؤخذ بقوله جدليا ، على أنه لا لوم فى الحقيقة على العالم الذى يرتاد نهر المعرفة ، إذا انخرق أحيانا إلى مجرى جانبي فرعى ، ولم يستمر سائرا فى المجرى الأصيل ، ذلك بأن المرتاد لا يستطيع أن يتأكد من طبيعة المجرى الجانبي إلا بعد أن يسير فيه . وأخطر ما فى الأمر وأبعده عن سيطرة المرتاد أن نهر المعرفة ملئ ، يجرى آنا نحو الشرق ، وآنا نحو الغرب ، وقد يقول المرتاد فى وقت ما : ” إني أسير مع التيار ، وبما أنى أتجه نحو الغرب ، فأكبر الظن أن بحر المعرفة — أى الحقيقة — كائن فى الجهة الغربية “ ، فإذا ما تحول اتجاه النهر بعد ذلك نحو الشرق قال : ” كائن بالحقيقة الآن واقعة فى الجهة الشرقية “ . وأكبر الظن أن ليس من

العلماء الذين عاشوا في الثلاثين عاما الأخيرة من يستطيع أن يبت برأى قاطع في اتجاه نهر المعرفة في المستقبل ، أو في مكان الحقيقة أين يكون ، ذلك أن تجاربه الخاصة تدله على أن النهر لا يتسع مجراه على الدوام فحسب ، بل تدل أيضا على أنه دائم الالتواء ، ولذلك ينصرف العالم بعد أن يلاقى ضروبا من الحيلة متعددة عند كل التواء عن الظن بأنه قد انتهى إلى ”بحر الحقيقة اللانهائي وأحسن معاملة“ .

ويلوح أننا على حق إذا قلنا ، مع هذا الاحتراس السابق ، إن نهر المعرفة قد انحرف انحرافا شديدا في السنوات القليلة الماضية . فقد كنا نظن أو نفترض منذ ثلاثين عاما أننا سائرون صوب حقيقة نهائية من النوع الآلى ، وأن هذه الحقيقة تتكون من خليط عارض مهووس من الذرات ، قدر عليه أن يقوم زمنا ما برقصات خالية من المعنى ، طوعا لتأثير قوى العمياء ليس لها غرض معين ، ثم يرتد ليكون منه عالم ميت لا حياة فيه ، وفي هذا العالم الآلى المحض ظهرت الحياة مصادفة بتأثير هذه القوى العمياء نفسها ، واتفق أن ناحية ضئيلة واحدة على الأقل من نواحي هذا الكون الذرى — وقد تكون عدة نواح منه — قد أصبحت واعية برهة من الزمن ، ولكنها مقدر عليها آخر الأمر بتأثير القوى الآلية العمياء ، أن تتجمد عن آخرها ثم تترك هذا العالم مرة أخرى لا حياة فيه .

أما الآن فإن الآراء متفقة ، إلى حد كبير يكاد في الجانب الطبيعي من العلم يقرب من الإجماع ، على أن نهر المعرفة يتجه نحو حقيقة غير آلية ، وقد بدأ الكون يلوح أكثر شيها بفكر عظيم منه بآلة عظيمة ، ولم يعد العقل بعد دخيلا ألقت به المصادفة في عالم المسادة ، بل بدأ يحول في خاطرنا أن من

واجبنا أن نحياه ونعده خالق العالم المادى والمسيطر عليه — ولنا نقصد بهذا العقل ، بطبيعة الحال ، عقولنا الفردية ؛ بل نعنى ذلك العقل الكلى الذى توجد فيه على شكل فكر تلك الذرات التى نشأت منها عقولنا .

وتلك المعرفة الجديدة تضطربنا إلى أن نعدل رأينا السابق الفطير ، وهو أننا قد ألقى بنا مصادفة فى كون لا يعنى بالحياة أو أنه عدو لها بالفعل . ويلوح أن من المحتمل أن يخفى من الوجود مذهب ثنائية العقل والمادة القديم ، الذى كان من أكبر أسباب هذه العداوة ، ولن يكون سبب اختفائه أن المادة ستصبح بطريقة ما أقرب إلى الوهم أو إلى اللامادية منها فى أى وقت آخر ، ولا أن العقل نفسه سيستحيل إلى وظيفة من وظائف ناموس المادة ، بل سيكون سببه أن المادة المجسمة ستستحيل إلى شىء من خلق العقل ومظهر من مظاهره . ونحن واجدون أن فى الكون دلائل على وجود قوة مدبرة أو مسيطرة ، يوجد بينها وبين عقولنا الفردية شىء مشترك ، ومبلغ علمنا الآن أن هذا الشىء المشترك ليس هو العاطفة أو الأخلاق أو تقدير الجمال ، ولكنه الرغبة فى أن نفكر بطريقة خير ما نصفها به أنها رياضية ، لأننا لا نجد الآن أصلح من هذا التعبير . وفى الكون أشياء كثيرة قد تكون مناهضة لما يتصل بالحياة من أعراض مادية ، ولكن فيه أيضا أشياء كثيرة ذات صلة قريبة بنواحي النشاط الأساسية للحياة ، فلنا إذن غرباء أو دخلاء فى الكون بالقدر الذى كنا نظنه أول الأمر . واقصد كانت تلك الذرات الحاملة التى تحتويها الطينة اللينة الأولى التى بدأت تظهر فيها صفات الحياة — كانت تلك الذرات تعمل على أن يزيد انسجامها مع طبيعة الكون الأساسية لا أن يقل .

ذلك على الأقل ما نميل إلى اقتراضه الآن ، ولكن أحدا لا يدري كم مرة يلتوى نهر المعرفة . وجدير بنا ، وتلك الحواطر دائماً نصب أعيننا ، أن نختتم هذا البحث بأن نقول في صراحة تامة ما كان يصح أن يقرأ في ثنايا سطور كل فقرة من فقرات هذا الكتاب ، وهو أن كل ما قلناه فيه ، وكل حكم حاولنا أن نصدره ، ظني غير أكيد . وكل ما فعلناه أننا حاولنا أن نبحث هل لدى العلم اليوم ما يقوله في بعض المسائل الصعبة ، التي قد تبقى دائماً بعيدة عن متناول العقل البشري . ومهما أكبرنا من شأن ما وصلنا إليه ، فإننا لا نستطيع أن ندعى أننا قد تبينا أكثر من بريق ضئيل ؛ وقد لا يكون هذا البريق كله إلا وهما وخداعا ، لأننا لم نستطع أن نلمح منه شيئا إلا بعد أن أجهدنا عيوننا في التطلع إليه ، وبذلك لا يكون أهم ما نريد أن نقرره هو أن لدى علم اليوم أحكاما يصدرها ، بل يجب أن يكون ما نقرره أن من واجب العلم أن يمتنع عن إصدار الأحكام — ذلك أن نهر المعرفة كثيرا ما التوى على نفسه .

دليل الموضوعات

الإشعاع :	الأثير :
شدة تقاذه ٨١٠٢٤٠٢٣ وما بعدها	تمريفه ١١٨٠١١٧٠٩١٠٩٠
انبعاثه ٧٩٠٢٦٠٢٥	حمايه للضوء ٩٢ وما بعدها ١١٥
تفسيره تفسير آليا ١٧ وما بعدها ١٤١	١٣٣ ٠ ١١٦
وما بعدها .	وجوده ١١٥٠١٠٧٠١٠٣ وما
صفته ٦٤ وما بعدها .	بعدها
طوله الموجي ١٦٤٠١٦٣٠٨٨	طبيعته ٩١ وما بعدها ١٠٣ وما بعدها
قلته ٦٢ وما بعدها ٨٠ ٠ ٨١	١١٩٠١١٨٠١٠٨٠١٠٧
نظرية الكم في الإشعاع ٢٠ ٠ ٢١	الاحتمالات :
٤١٠٣٩٠٣٤٠٢٦٠٢٥	في الطبيعة ٢١ وما بعدها ٣٠ وما بعدها
الأشعة السينية ٩٢٠٤١٠٢٤٠٢٣	١٣٤ وما بعدها ١٥٣
الأشعة الكونية ٨٢٠٢٥٠٢٤ وما	في المعرفة ٢١ وما بعدها ١٦٩
بعدها ٩٢	في الموجات ١٣٤ ٠ ١٣٥
الأعداد التخيلية : ١٤٣٠١٢٣	الأرض :
الآلات الدائمة الحركة : ١٦٥٠١٠٠	أصلها ٣
الأتروني (درجة التبادل) : ١٦٥	مصدرها ١٢
البروتونات :	
حيودها ٥٢٠٥١	
طبيعتها ٨٨٠٨٧٠٥٢٠٥١٠٤٣	

الزمن :

طبيعته ٣٣ ، ١١٠ ، ١١١ ،
١٣١ ، ١٣٢ ، ١٦٤ ، وما بعدها

الزيج الضوئي : ٩٣

السكون :

السكون المطلق ١٠١ وما بعدها ، ١٢٠

كلمة السكون ٦١ وما بعدها

الشهب (النجوم الهاوية) : ٦٦ وما بعدها

الضوء :

النظرية الموجية في الضوء ٣٨ ، ٤٢ ،
٩٠ ، ٩١

انعكاسه وانكساره ٣٤ وما بعدها ، ٤٣

حيوده ٣٧ ، ٤٦ ، ١١٩

طبيعته ٣٤ وما بعدها ، ٨٨ ، ١٦٣

طيفه ٣٩

نظرية الدقائق في الضوء ٣٤ وما بعدها ،

٤٤ ، ٣٩

وحداته ٣٩ وما بعدها ، ٨٠ وما بعدها ،

١٦٣

التأثير عن بعد : ٩١ ، ٩٢ ، ١٠٨ ، ١٥٤

التفكك التلقائي : ٢١ وما بعدها ، ٩٧

الجاذبية :

تفسير الجاذبية ١٦ ، ١٧ ، ٢٠ ، ٦٩

١٠٦ ، ١٠٧ ، ١٢٤ ، ١٢٥

قانون الجاذبية ١٦ ، ١٧ ، ١٢٤ وما
بعدها .

الجزيئات ، ٧ ، ٨ ، ٥٥ ، ٥٦

الحياة :

بداياتها ٢ ، ١٧١

مصرها ١٢ وما بعدها

عداء الكون لها ٣ ، ١٢ وما بعدها ،
١٧١ وما بعدها

الديناميكا الحرارية :

١٣ ، ١٦٥ وما بعدها

الذرات :

ذرة الكربون ٨ وما بعدها

طبيعة الذرات ٥٤ وما بعدها ، ٥٩

وما بعدها ، ١٢٩ ، ١٣٠

الطاقة :

تعريفها ٥٧

عدم فنائها ٥٤ وما بعدها ٨٧

كثتها ٦١ ، ٦٣ ، ٨٠

الطاقة الميكانيكية ٥٧

النضاء :

تقوسه ٦٩ ، ١٢٤ وما بعدها .

طبيعته ٦٩ ، ١٢٥ ، ١٥٣ ، ١٦٤

نفاثته ٦٩ وما بعدها ، ١٢٥ ، ١٥٢

وما بعدها ، ١٦٤

القوة :

ماهية القوة الطبيعية ٦٢ ، ٦٩ ،

١٠٤ ، ١٢٤ وما بعدها

تفسيرها تفسيراً آلياً ١٠٣ ، ١٢٤

وما بعدها

القوة الحيوية ٨ وما بعدها

الكلمة :

تعريفها ٥٥ ، ٦١

عدم فنائها ٥٥ وما بعدها ، ٦٢

٨٠ ، ٨٧

كثلة السكون ٦١ وما بعدها ، ٩٧

كثلة الطاقة ٦١ ، ٨٠

الكهارب :

انعكاسها وانكسارها ٥٤ وما بعدها ،

١٣٥ وما بعدها

حيودها ٦١ وما بعدها ، ١٣٥ وما بعدها

طبيعتها ٢٤ وما بعدها ، ٥٩ وما بعدها ،

١٦٣

مجموعاتها الموجية ٤٤ وما بعدها ، ٨٧

وما بعدها ، ١٣٣ وما بعدها ،

١٦٣ وما بعدها

الكواكب :

ميلادها ٢ ، ٦٨

الكون :

تمدد ٧١ وما بعدها ، ١٥٢ وما بعدها

حجمه وطبيعته لوحة ١ ، ٣ ، ١٤٠

وما بعدها ، ١٦٤

فقاعة الصابون والكون ٦٩ وما بعدها .

١٢٦

المادة :

عدم قناتها ٤ وما بعدها ، ٨٠ ، ٨٦ ،
وما بعدها

فناؤها ٧٩ وما بعدها ، ٨٤ وما بعدها ،
١٢٩ وما بعدها ، ١٦٥ وما بعدها

المنزل :

تأريفة ١١٤ وما بعدها ، ١٢٢

طبيعته ١١٤ ، ١٢٣ وما بعدها ،
١٢٨ ، ١٣٧ ، ١٦٣

المنطيسية : ١٠

الميكانيكا الموجبة : ٤ ، وما بعدها ، ١٣٣
وما بعدها ، ١٦٢ وما بعدها

النجوم :

أعمارها ٦٧ وما بعدها ، ٧٤ وما بعدها
نحدها وجمعها ١

مصدر طاقتها ٦٢

النشاط الإشعاعي :

طبيعته ٩ وما بعدها ، ١٩ وما بعدها
التمكك الناتج عنه ٢١ وما بعدها

النيازك : ٦٦

الوعى : ١٣١ وما بعدها ، ١٣٧
وما بعدها ، ١٦٣ وما بعدها

الطبيعة :

انتظامها ١٥ ، ١٦١

قوانينها ٥٣ وما بعدها ، ١٣٠ ، ١٦١

مصادقاتها ٤ وما بعدها

تفسيرها تفسيراً آلياً ١٦ وما بعدها ،
١٠٣ ، ١٣٩ ، ١٦٩ وما بعدها ،

تفسيرها تفسيراً رياضياً ١٣٨ وما بعدها ،
١٥٢ ، ١٦١ وما بعدها ، ١٦٨

وما بعدها

تجربة ميكسون ومورلي : ٩٥ وما بعدها ، ٩٩

تقاص قنجرالد واورنتز : ٩٧ ، ١٠٧

خطوط القوة : ٦٣

فلسفة باركلي : ١٥٦ وما بعدها

قاعدة :

قاعدة الاستبعاد ١٥٤

قاعدة "عدم الثبوت أو" عدم قابلية
التحديد " (هايزنبرج) ٢٧ ، ٣٠ ،
٣١ ، ١٣٦ وما بعدها

قائده دبلر ٧٤ وما بعدها

قانون :

السببية أو العلة والمعلول ١٥ وما بعدها ،

٢٣ ، ٢٦ وما بعدها ، ٢٩ وما

بعدها ، ٥٣ ، ١٤٠ ،

عدم الفناء ٥٣ وما بعدها ، ٦١ ،

٦٢ ، ٨٠ ، ٨١ ، ٨٦ ،

٨٧

عدم فناء الطاقة ٥٤ وما بعدها ، ٨٦ ،

٨٧

عدم فناء الكتلة ٥٤ وما بعدها ، ٦١ ،

٦٢ ، ٦٤ ، ٨٠ ، ٨١ ، ٨٦ ،

٨٧

عدم فناء المادة ٤٤ وما بعدها ، ٨٦ ،

٨٧

كهف أفلاطون : م ، ١٤٠ ، وما بعدها ،

١٥٠ ، ١٥١ ،

مناطق الحيود : ٣٧

موت الحرارة : ١٣ ، ١٤ ، ١٦٥ ،

نظرية :

الجبرية ١٦ وما بعدها ، ٢٠ وما بعدها ،

٢٦ وما بعدها ، ٣١ ، ٣٢ ،

١٣٢ ، ١٣٣ ، ١٣٩ ، ١٤٠ ،

الكم ٢٠ ، ٢١ ، ٣٠ ، ٣٨ ،

النسبية ٦٩ ، ١٠٠ ، وما بعدها ، ١٠٩ ،

وما بعدها ، ١١٢ ، وما بعدها ، ١٢٣ ،

١٢٤

حرية الإرادة ١٨ ، ١٩ ، ٣١ ، ٣٢ ،

مقتبسات عن :

ادنجتون ، سيراس ، ١١٧ ،

ارنولد ، ماثيو ، ١٧٠ ،

أفلاطون ، م ، ١٣٢ ، ١٦٧ ،

ارغسفاين ١٦٧ ،

باركلي ، القس ، ١٥٦ ، وما بعدها ،

جاليليو ، ١٤٠ ،

جنسون ، سمويل ، ١٦٠ ،

ديراك ، ب ، ١٠ ، م ، ٣٠ ، ٣١ ،

شروود نجر ، ١٣٤٠ ،

فترجالد ، ١٠ ، (عن عمر الخيام) ،

١٣٨

۱۰۵ ، ۱۰۱ ، ۱۰۰ ، ۹۴

۱۲۴ ، ۱۰۶

هکلی ، ت . د . ، ۴

وردزورث ، و . ، ۱۴۳

ولیم الأوکامی ، ۱۰۸

لودج ، سیر اولیفر ، ۱۱۷

متشل ، سیرپ . ، ۱۶۰

مکسویل ، ج . کلارک ، ۶۲ ، ۹۲

مکوفشکی ، د . ، ۱۱۵

نیون ، سیر اسحق ، ۱۶ ، ۳۵

۳۶ ، ۳۷ ، ۳۸ ، ۹۲

دلیل اسماء الأعلام

(۱)

ادنجنون ، صیرا . ص ۱۱۷ ، ۱۲۶
أفلاطون ، م ۱۳۲ ، ۱۴۰ ، ۱۴۸ ،
۱۴۹ ، ۱۶۷

أوغسطین ، ۱۶۷

اینشتین ، ۲۰ ، ۲۵ ، ۶۱ ، ۶۳ ،
۷۰ ، ۷۱ ، ۷۲ ، ۱۰۰ ، ۱۰۱ ،
۱۰۲ ، ۱۱۰ ، ۱۲۴ ، ۱۲۶

(ب)

باخ ، ۱۹ ، ۲۰

بارکلی ، القس ، ۱۵۶ ، ۱۵۷ ، ۱۵۸ ،
۱۶۰

براج ، سیر ولیم ، ۴۲

بریس ، د . ب . ۹۹

بوهر ، ن . ۱۳۷

بلائک ، م . ۲۰ ، ۲۹ ، ۳۰

بلوتارخوس ، ۱۴۸

بوینتنج ، ج . ۵۰ ، ۱۲۱

(ت)

تراوتون ، ف . ت . ۹۹
تن بروجنیکیت ، ب . ۷۶ ، ۷۷
تنالوس ، ۱۲

(ج)

جالیلو ، ۷ ، ۱۶ ، ۱۴۰
چمر ، ل . ۵۰ ، ۵۱
چول ، ج . ب . ۵۷
چنسبون ، صویل ، ۱۶۰ ، ۱۶۱

(د)

دارون ، تش . ر . ۶۰
دافسون ، ج . ۵۱
دبلر ، ۷۴
دمپتر ، ا . ج . ۵۱
دقریطلس ، ۵۴
دی برولی ، لوپس ، ۲۴ ، ۱۳۹
دیراک ، ب . ۱۰ ، ۳۰ ، ۳۱
۱۲۶ ، ۱۲۹ ، ۱۶۴

(ط)

طوسون ، ج ، پ ، ۱۳۵ ، ۵۱۶ ، ۱۳۶

طوسون ، سیرچ ، ۵۹۶

(ف)

فتزجرالد ، ج ، ف ، ۱۰۸ ، ۹۷۶ ، ۱۱۶
فرا دای ، م ، ۶۰ ، ۹۲ ، ۶۳

فرز دل ، ۴۳

فایلی ، ۱۳۲ ، ۱۲۶ ، ۵۰

(ك)

كانت ، ۱۴۷ ، ۱۴۵

كلر ، ۱۴۹

كپرنیق ، ۹۷

كافن ، لورد ، (سیر ولیم طوسون) ، ۱۷

کپتون ، ۷۶ ، ۴۲ ، ۴۱ ، ۵۰ ، ۵۰

کرون ، ج ، ۸۶ ، ۵۰

کاکوشی ، ۵۱ ، ۵۰

دی ستر ، ۷۵ ، ۷۲ ، ۷۱ ، ۰ ، ۰

دی کرت ، ۱۵۶ ، ۹۱ ، ۰

(ر)

رالی (البارون الثالث) ، ۹۹

رجنر ، ۸۳ ، ۰ ، ۱

روب ، ۵۱ ، ۰ ، ۰ ، ۱

روزرفورد ، لورد ، ۶۰ ، ۲۴ ، ۲۳

(ز)

زویکی ، ف ، ۷۷ ، ۷۶ ، ۷۵ ، ۰

(س)

سلبری ، لورد ، ۹۵

سودی ، ف ، ۲۳ ، ۰

(ش)

شاپلی ، ۶۶ ، ۶۶ ، ۰ ، ۵۰

شروینجر ، ۱۳۹ ، ۱۳۴ ، ۴۴ ، ۰ ، ۱

شکسپیر ، ۶۶ ، ۴۰

(ل)

لافوازيه ، ۵۶۰۰۱

لاو ، ۴۲۰۰م

لبدو ، ب ، ۶۴۰۰

لفريطس ، ۵۵۰۰۵۴

لمير ، ج ، ۷۱۰۰

لوردچ ، سير اوليفر ، ۱۱۷

لورتز ، ه ، ۱۰۸۰۹۹ ، ۹۷۰۰۱

لوك ، ج ، ۱۱۴۰۰

لپينتز ، ج ، ۱۳۴۰۰و

(م)

ماك لپان ، ج ، ۲۴۰۰۲۳

مشرقه بك ، على مصطفى ، ۸۸

مكسويل ، ج ، ۶۰۰۱۷ ، كلارك

۱۲۰۰۱۱۶ ، ۹۲۰۰۶۴ ، ۶۳

مليكان ، ر ، ۸۶۰۰۸۴ ، ۸۳۰۰۱

منكوفسكى ، ه ، ۱۱۴۰۰۱۱۰

۱۲۳۰۰۱۱۵

مورلى ، ا ، ۹۸۰۰۹۷ ، ۹۵۰۰۰و

۱۰۰۰۰۹۹

ميكل انجلو ، ۲۰۰۰۱۹

ميكسون ، ۱۰۰۰۰۹۹ ، ۹۸۰۰۹۷ ، ۹۵۰۰۰

(ن)

نكلس ، ا ، ف ، ۶۴۰۰

نيوشن ، سير اسحق ، ۲۰۰۰۱۹ ، ۱۶۰۰۰

۰۰۳۸ ، ۳۷ ، ۳۶ ، ۳۵ ، ۳۴

۰۱۰۰۰۹۴ ، ۹۳ ، ۵۷ ، ۴۴

۰۱۰۶ ، ۱۰۵ ، ۱۰۲ ، ۱۰۱

۱۲۴ ، ۱۰۹

(هـ)

هايزنبرج ، و ، ۲۹۰۰۲۸ ، ۲۷ ، ۰۰

۱۶۴ ، ۱۳۹ ، ۱۳۷ ، ۱۳۶

هبل ، ا ، ۷۳۰۰۰

هكسلى ، ت ، ۴۰۰۰۰هـ

هلهولتز ، ه ، فون ، ۱۷

هولاسون ، م ، ۷۳۰۰۰

هيچنز ، ك ، ۹۲۰۰۰

(و)

ورزقون ، ج ، ۱۷۰۰۰چ

وليم الاوكامى ، ۱۰۸

وولر ، ۸

(ى)

ينج ، توماس ، ۹۳۰۰۹۲ ، ۴۳۰۰۰

قائمة المصطلحات العلمية

(عربي — انجليزي)

Magnetio poles.	أقطاب مغناطيسية	(١)	
Mechanism.	آلة — جهاز — عدة	Ether.	أثير
Electron.	الكترن — كهرب	Simple organisms.	أحياء أولية
Absorption.	امتصاص	Octopus.	أخطبوط
Emission.	انبعاث	Mechanical device.	أداة آلية
Propagation.	انتشار	Nitrogen.	الأزوت
Uniformity.	انتظام	Radiation	اشعاع
Curvature.	انحناء — تقوس	X-radiation.	أشعاع سيني
Reflection	انعكاس	Potential radiation.	أشعاع كامن
Discontinuity.	الانقطاع — عدم الاتصال	Cosmic radiation.	أشعاع كوني
Refraction	انكسار — انعطاف	Infra-red radiation.	أشعاع مادون الأحمر
Mountain glaciers.	أنهار الجليد الجبلية	Ultra-violet radiation	أشعاع مافوق البنفسجي
Vibration.	اهتزاز — تذبذب — ذبذبة	Gamma rays.	أشعة جاما
Oxygen.	أكسجين		أصل لقياس الكون المطلق
Hydrogen.	ايدروجين	Standard of absolute rest.	
	الايدروايكا أو دراسة السوائل المتحركة		أصل للقياس ينسب إليه
Hydraulics.		Standard of reference.	

(ج)	(ب)
Gravitation.	الجاذبية
Icebergs.	جبال الجليد
Determinism.	الجبرية
Molecules.	جزيئات
Particle.	جسيم
Alfa-particle.	جسيم ألفا
Ice.	جليد
Mechanism.	جهاز — عدة — آلة
(ح)	(ت)
State of strain.	حالة انفعال
Luminiferous.	حامل الضوء
Meteorite.	حجر نيزكي
Tides	حركات المد والجزر
Absolute motion.	الحركة المطلقة
Circular motion.	حركة دائرية
Wave motion.	حركة موجية
Beam of light	حزمة ضوئية
Optics.	البصريات — علم الضوء
Proton.	بروتون
Perfectly elastic.	تام المرونة
Action at a distance.	التأثير عن بعد
Transformation.	تحويل — تحول
Interference.	التداخل
Vibration.	تذبذب — ذبذبة — اهتزاز
Spontaneous disintegration.	تفكك تلقائي
Curvature.	تقوس — انحناء
Reproduction	تكاثر
Cohesion.	تماسك
Repulsion	تنافر
Tension.	توتر
(ث)	ثابت التكامل في معادلة تفاضلية Constant of integration in a differential equation.
Duality.	ثنائية

(ذ)

Vibration. ذبذبة — اهتزاز — تذبذب

Monads. ذرات روحية

Atom. ذرة

Dodecahedron. ذو الاثني عشر وجهها

Octahedron. ذو الثمانية الأوجه

Icosahedron. ذو العشرين وجهها

(ر)

Radium الراديوم

Reaction رد فعل

Jerks. رعشات — هزات — قفزات

Applied mathematics. الرياضاة التطبيقية

(ز)

Angle of reflection. زاوية الانعكاس

Angle of incidence. زاوية السقوط

Aberration of light. الزيف الضوئى

Xenon. الزينون

Reality حقيقة

Objective reality. حقيقة موضوعية

Real حقيقى

Diffraction rings. حلقات الحيود

Concentric rings. حلقات متحدة المركز

(خ)

Emergence. خروج — قاذ

Vertical-line. الخط الرأسمى

World-line. خط الوجود

Cell. خلية

Spectral lines. خطوط طيفية

Lines of force. خطوط القوة

Filament. خيط — سلك دقيق

(د)

دراسة السوائل المتحركة أو الأيدروايكا

Hydraulics.

Entropy. درجة التعادل

Cyclone. درامة

Thermo-dynamics. الديناميكا الحرارية

(ط)

(س)

Energy.	طاقة
Mechanical energy.	طاقة آية
Total energy.	طاقة كلية
Pitch of sound.	طبقة الصوت
Nature.	الطبيعة — الفطرة
Mathematical physics.	الطبيعات الرياضية
Wave-length.	الطول الموجي
Spectrum.	طيف

Spiral nebulae.	سدم لولبية
Nebula.	سديم
Absolute speed.	سرعة مطلقة
Steady speed.	سرعة منتظمة
Absolute rest.	سكون مطلق
Filament.	سلك دقيق — خيط

(ظ)

(ش)

Phenomenon.	ظاهرة
Small-scale phenomena	ظواهر صغيرة المقياس
Large-scale phenomena.	ظواهر كبيرة المقياس
Electromagnetic phenomena.	ظواهر كهربائية مغناطيسية

Meteor.	شهاب — نيزك
Shooting star.	شهاب — نجم هار — نيزك

(ص)

Absolute zero.	الصفر المطلق
Frost.	صقيع
Sound.	صوت

(ع)

(ض)

Physicist.	عالم الطبيعة
Scientist.	عالم في العلوم

Pressure.	ضغط
-----------	-----

(ف)

Musical intervals.	فترات أو مسافات موسيقية.
Hypothesis.	فرض
Working hypothesis.	فرض صالح
Nature.	الطبيعة — الفطرة
Mechanistic philosophy.	الفلسفة الآلية
Orbit.	فلك — مدار
	فوتونات أو كيام الضوء
Photons or light-quanta.	

(ق)

Subjective.	قائم بالنفس — نفسى
Determinate.	قابل للتحديد
Determinacy.	قابلية التحديد
Exclusion principle.	قاعدة الاستبعاد
Principle of Causation.	قاعدة السببية
Uncertainty principle.	قاعدة عدم الثبوت
	قاعدة عدم قابلية التحديد
Principle of indeterminacy.	
Principle of relativity.	قاعدة النسبية
	قانون الجذب العام
Universal law of gravitation.	

Acceleration.	عجلة
Discontinuity.	عدم الاتصال — الاقصال
Conservation of energy.	عدم ذاء الطاقة
„ „ mass.	عدم ذاء الكتلة
	عدم ذاء كمية الحركة
Conservation of momentum.	
Conservation of matter.	عدم ذاء المادة
Mechanism.	عدة — جهاز — آلة
	عكس مربع المسافة
Inverse square of distance.	
Cause and effect.	العللة والمعلول
Biology.	علم الأحياء
Meteorology.	علم الأرصاد الجوية
Optics.	علم الضوء — البصريات
Mechanical physics	علم الطبيعة الميكانيكية
Astronomy.	علم الفلك
Cosmology	علم الهيئة

(غ)

Infinitesimal	غاية في الصغر
Unstable.	غير مستقر

(ك)

Entity.	كائن
Rest-mass	كتلة السكون
Energy-mass.	كتلة الطاقة
Carbon.	كربون
Light-quanta or photons	كم الضوء أو فوتونات
Electron.	كهرب — الكازون
Planet.	كوكب
Universe.	كون
Cyclic universe.	كون دورى
Geocentric universe.	كون مركزه الأرض

(م)

Continuum.	متصل
Space-time continuum.	متصل الفضاء والزمن
Magnetic field.	مجال مغنطيسى
Experimenter.	مجرى — معبر
Milky-way.	الماجرة
System of waves.	مجموعة أمواج

Law of probabilities.	قانون الاحتمالات
Mathematical law of averages.	قانون المتوسطات الرياضى
Refracting power	القدرة على كسر (الأشعة)
Projectile.	قذيفة — مقذوف
Tentacles.	قرون الاستشعار
Inertis.	القصور الذاتى
Measuring-rods.	قضبان القياس
Bar magnet.	قضيب مغنطيسى
Jerks.	قنزات — هزات — رعشات
Mechanical principles.	قواعد ميكانيكية
Universal laws.	قوانين عامة
Conservation laws.	قوانين عدم الفناء
Mathematical laws of chance.	قوانين المصادفة الرياضية
Rain-bow	قوس قزح
Mathematical force.	قوة آلية
Vital force.	قوة حيوية
Quantum forces.	قوى الكم
Electric forces.	قوى كهربائية
Magnetic forces.	قوى مغنطيسية

Fahrenheit scale.	مقياس فهرنهايت	Solar system.	مجموعة شمسية
Vacancy.	مكان خال	Planetary system.	مجموعة كوكبية
	مواد ذات نشاط إشعاعي		المجموعة المجرية من النجوم
Radio-active substances		Galactic system of stars.	
Wave.	موجة	Binary system.	مجموعة مزدوجة أو ثنائية
Circular ripple.	موجة دائرية	Orbit.	مدار — فلك
Wave-mechanics.	الميكانيكا الموجية	Comets.	مذنبات
		Rationalism	مذهب العقليين
		Idealism.	« المثالية
		Realism	المذهب الواقعي
		Elasticity.	مرونة
Binary star	نجم مزدوج أو ثنائي	Musical intervals.	مسافات أو فترات موسيقية
Radio-activity	النشاط الإشعاعي	Sounding-lead.	مبار الغور ذر الرصاص
Free-will theory	نظرية حرية الإرادة	Plane.	مستوى
Theory of Evolution	نظرية التطور	Charged.	مشحون
Quantum theory	نظرية الكم	Transparent.	مشف
	النظرية الكهربية الديناميكية	Opaque.	معتم
Electro-dynamical theory		Rate	معدل
Undulatory theory	النظرية الموجية	Magnetism	مغناطيسية
Emergence	نفاذ — خروج	Vital capacity.	مقدرة حيوية
Subjective	تقسي أو قائم بالنفس	Projectile.	مقذوف — قذيفة
Motor	نيزك — شهاب		

(ن)

Medium.	وسط	(هـ)	
Undulating medium.	وسط متعرج	Tetrahedron.	هرم ثلاثي
Consciousness.	الوعي	Jerks.	هزات — رعشات — قفزات
			هندسة كثيرة الابعاد
	(ي)	Multi-dimensional geometry.	
Contract.	يتقلص	Helium.	هيليوم
Converge.	يتجمع	(و)	
Neutralise.	تتعادل		وحدات كهربائية استاتيكية
		Electrostatic units.	
		Atomic weight.	الوزن الذري

قائمة المصطلحات العلمية

(انجليزى — عربى)

SCIENTIFIC TERMS

(English-Arabic)

A

Aberration of light.	الزيف الضوئى
Absolute motion	الحركة المطلقة
„ rest.	السكون المطلق
„ speed.	السرعة المطلقة
„ zero.	الصفر المطلق
Absorption.	امتصاص
Acceleration.	عجلة
Action at a distance.	التأثير عن بعد
Alfa particle.	جسيم الفا
Angle of reflection.	زاوية الانعكاس
Angle of incidence.	زاوية السقوط
Applied mathematics.	الرياضة التطبيقية
Astronomy.	علم الفلك

Atom.

ذرة

Atomic weight.

الوزن الذرى

B

Bar magnet.

قضيب مغناطيسى

Beam of light.

حزمة ضوئية

Binary system.

مجموعة مزدوجة أو ثنائية

Binary star.

نجم مزدوج أو ثنائى

Biology.

علم الأحياء

C

Carbon.

كربون

Cause and effect.

العلل والمعلول

Cell.

خلية

Charged.

مشحون

Circular motion.

حركة دائرية

Circular ripple.

موجة دائرية

Cohesion.

تماسك

Comets.	مذنبات
Concentric rings.	حلقات متحدة المركز
Consciousness.	الوعي
Conservation laws.	قوانين عدم الفناء
Conservation of energy.	عدم فناء الطاقة
Conservation of mass.	عدم فناء الكتلة
Conservation of matter.	عدم فناء المادة
Conservation of momentum	عدم فناء كمية الحركة
Constant of integration in a differential equation.	ثابت التكامل في معادلة تفاضلية
Contract.	يتقلص
Continuum.	متصل
Converge.	يتجمع
Corpuscular theory of light	نظرية الدقائق في الضوء
Cosmic radiation.	اشعاع كوني
Cosmology.	علم الهيئة
Curvature.	تقوس — انحناء
Cyclic universe.	الكون الدوري
Cyclone.	دوامة

D

Determinacy.	قابلية التحديد
Determinate.	قابل للتحديد
Determinism.	الجهرية
Diffraction rings.	حلقات الحيود
Discontinuity.	عدم الاتصال — الانقصال
Dodecahedron.	ذو الاثني عشر وجهها
Duality.	ثنائية

E

Elasticity.	مرونة
Electric forces.	قوى كهربائية
Electrodynamical theory	نظرية الكهرباء الديناميكية
Electromagnetic phenomena	ظواهر كهربائية مغناطيسية
Electron.	الكترن — كهرب
Electrostatic units	وحدات كهربائية استاتيكية
Emergence.	تفاذ — خروج
Emission.	انبعاث
Energy.	طاقة
Energy-mass.	كتلة الطاقة
Entity.	كائن

Entropy. درجة التعادل

Ether. أنير

Exclusion prinioiplo. قاعدة الاستبعاد

Experimenter. محرب — معتبر

F

Fahrenheit scale. مقياس فهرنهايت

Filament. خيط — ملك دقيق

Free-will theory. نظرية حرية الإرادة

Frost. صقيع

G

المجموعة المجرية من النجوم

Galactio system of stars

Geocentrio universe. كون مركزه الأرض

Gravitation. الجاذبية

Gamma-radiation. أشعة جاما

H

Helium. هليوم

Hydraulics. الأيدروايكا أو دراسة السوائل المتحركة

Hydrogen. ايدروجين

Hypothesis. فرض

I

Ice. جليد

Icebergs. جبال الجليد

Icosahedron. ذو العشرين وجها

Idealism. مذهب المثالية

Inertia. القصور الذاتي

Infinitesimal. غاية في الصغر

Infra-red radiation. اشعاع مادون الأحمر

Interference. التداخل

Inverse square of distance

عكس مربع المسافة

J

Jerks. هزات — رعشات — قفزات

L

ظواهر كبيرة المقياس

Large-scale phenomena

Law of probabilities. قارن الاحتمالات

Light-quanta or photons

كلام الضوء أو فوتونات

Lines of force.

خطوط القوة

Luminiferous.

حامل الضوء

M

Magnetic field.	مجال مغناطيسى
Magnetic forces.	قوى مغناطيسية
Magnetic poles.	أقطاب مغناطيسية
Magnetism.	مغناطيسية
Mathematical physics.	الطبيعات الرياضية
Mathematical law of averages	قانون المتوسطات الرياضى
Mathematical laws of chance	قوانين المصادفة الرياضية
Measuring rods.	قضبان القياس
Mechanical device.	أداة آلة
Mechanical energy.	طاقة آلة
Mechanical force.	قوة آلة
Mechanical principles.	قواعد ميكانيكية
Mechanical physics.	علم الطبيعة الميكانيكية
Mechanism.	جهاز — علة — آلة
Mechanistic philosophy.	الفلسفة الآلية
Medium.	وسط
Meteor.	نيزك — شهاب
Meteorology.	علم الأرصاد الجوية
Meteorite.	حجر نيزكى

Milky-way.	المجرة
Molecules.	جزيئات
Monads.	ذرات روحية
Mountain glaciers.	أنهار الجليد الجبلية
Multi-dimensional geometry	هندسة كثيرة الأبعاد
Musical intervals.	فترات أو مسافات موسيقية

N

Nature.	طبيعة — الفطرة
Nebula.	سديم
Neutralise.	يتعادل
Nitrogen.	الأزوت

O

Objective reality.	حقيقة موضوعية
Octahedron.	ذو الثمانية الأوجه
Octopus.	أخطبوط
Opaque.	معتم
Optics.	البصريات — علم الضوء
Orbit.	مدار — فلك
Oxygen.	أو كسيجين

P

Particle.	جسيم
Penetration.	تفاذ
Perfectly elastic.	تام المرونة
Phenomenon.	ظاهرة
Photons or light-quanta	فوتونات أو كيام الضوء
Physicist.	عالم الطبيعة
Pitch of sound.	طبقة الصوت
Plane.	مستوى
Planet.	كوكب
Planetary system.	مجموعة كوكبية
Potential radiation.	اشعاع كامن
Pressure.	ضغط
Principle of Causation.	قاعدة السببية
Principle of indeterminacy	قاعدة عدم قابلية التحديد
Principle of relativity.	قاعدة النسبية
Projectile.	مقذوف — قذيفة
Propagation.	انتشار
Proton.	بروتون

Q

Quantum force.	قوى الكم
Quantum theory.	نظرية الكم

R

Radiation.	اشعاع
Radio-active Substances	مواد ذات نشاط اشعاعي
Radio-activity.	النشاط الاشعاعي
Radium	الراديوم
Rain-bow.	قوس قزح
Rate.	معدل
Rationalism.	مذهب العقلين
Reaction.	رد فعل
Real.	حقيقى
Realism.	المذهب الواقعى
Reality.	حقيقة
Reflection	انعكاس
Refracting power.	القدرة على كسر (الأشعة)
Refraction.	انكسار — انعطاف
Reproduction.	تكاثر

Repulsion.	تنافر
Rest-mass.	كتله الكون
Ripples.	موجات

S

Scientist.	عالم في العلم
Shooting star.	شهاب — نجم هار — نيزك
Simple organisms.	أحياء أوليه
Small-scale phenomena	ظواهر صغيرة المقياس
Solar system.	مجموعة شمسية
Sound.	صوت
Sounding-lead.	مسبار الغور ذر الرصاص
Space-time continuum	منصل الفضاء والزمن

Spectrum.	طيف
-----------	-----

Spectral lines.	خطوط طيفية
-----------------	------------

Spiral nebulae.	سدم لوليه
-----------------	-----------

Spontaneous disintegration.	تفكك تلقائي
	أصل لقياس الكون المطلق

Standard of Absolute rest	
---------------------------	--

Standard of reference	أصل للقياس ينسب اليه
-----------------------	----------------------

State of strain.	حالة انفعال
------------------	-------------

Steady speed.	سرعة منتظمة
Subjective.	نفسى — قائم بالنفس
System of waves.	مجموعة أمواج

T

Tension.	توتر
Tentacles.	قرون الاستعمار
Tetrahedron.	هرم ثلاثى
Theory of Evolution.	نظرية التطور
Thermo-dynamics.	الديناميكا الحرارية
Tides.	حركات المد والجزر
Transformation.	تحول — تحويل
Total energy.	الطاقة الكلية
Transparent.	شفاف

U

Ultra-violet radiation.	اشعاع فوق البنفسجى
-------------------------	--------------------

Uncertainty principle.	قاعدة عدم الثابت
------------------------	------------------

Undulating medium.	وسط متموج
--------------------	-----------

Undulatory theory.	النظرية الموجية
--------------------	-----------------

Uniformity.	انتظام
-------------	--------

Universe.	الكون
-----------	-------

